



Evaluación de las instalaciones hidráulicas del tren de tratamiento de las aguas residuales no domésticas de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A.

Sandra Marcela Jaramillo Parra

Informe final de semestre de industria para optar al título de Ingeniera Sanitaria

Asesora

Diana Catalina Rodríguez Loaiza

Ph.D, Msc, Ingeniera Sanitaria

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Sanitaria

Medellín

2022

Cita	(Jaramillo Parra, 2022)
Referencia	Jaramillo Parra, S. M. (2022). <i>Evaluación de las instalaciones hidráulicas del tren de tratamiento de las aguas residuales no domésticas de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A.</i> [Semestre de Industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Créditos a escenarios de prácticas. Asesora de prácticas Universidad de Antioquia: Diana Catalina Rodríguez Loaiza. Personal de mantenimiento Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A.: Jorge Ignacio Gil Rivera.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/ Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

El presente informe para optar por el título de Ingeniera Sanitaria es dedicado con todo mi corazón a Dios y a mis seres queridos que ya no están. A mis padres y mi hermana por el apoyo y la comprensión durante todo mi pregrado. Ustedes son mi motivación, mi vida entera, está dedicatoria es con todo el amor.

Agradecimientos

Infinitas gracias a la Universidad de Antioquia y a la facultad de ingeniería por brindarme los mejores maestros, abrirme las puertas del conocimiento para el bien de la sociedad, para ser mejor persona cada día y dejar huella en este mundo desde el amor por la Ingeniería Sanitaria.

Agradezco a mi asesora Diana Catalina Rodríguez Loaiza por su tiempo, su ayuda, por su entrega, sugerencias y correcciones con el fin de mejorar en mis prácticas académicas y en el informe final. Infinitas gracias al señor Jorge Ignacio Gil Rivera, auxiliar de mantenimiento de

Inversiones Euro S.A. por su ética y profesionalismo, por la ayuda durante toda mi práctica académica, por acompañarme, guiarme y brindarme sus conocimientos, por el trabajo en equipo para cumplir con los objetivos de este informe. Gracias a Inversiones Euro S.A. por creer en mis capacidades, conocimientos y por abrirme sus puertas.

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo generales	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
3 Metodología	16
4 Resultados	17
4.1 Cribado	18
4.2 Trampa de grasas	18
4.3 Tanque homogenizador	22
4.4 Reactor UASB	23
4.5 Reactor de lodos activados	32
4.6 Clarificador	35
4.7 Tanque trasiego	38
4.8 Filtración descendente a presión	40
4.9 Tanque de contacto	44
4.10 Tanque de lodos	45
4.11 Trazador con anilina	48
4.12 Aforos	52
4.13 Ensayos con cono Imhoff	55

4.14 Medición de pH	55
5 Análisis	57
6 Conclusiones	61
7 Recomendaciones	62
Referencias	63
Anexos	64

Lista de tablas

Tabla 1	Dimensiones e instalaciones hidráulicas de la trampa de grasas	21
Tabla 2	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del tanque homogenizador	22
Tabla 3	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del reactor UASB	27
Tabla 4	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del reactor aerobio	33
Tabla 5	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Clarificador	38
Tabla 6	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Tanque Trasiego	40
Tabla 7	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Filtro Polyglass	42
Tabla 8	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Tanque de contacto	45
Tabla 9	Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Tanque espesador de lodos	44
Tabla 10	Aforos realizados en el año 2021	54
Tabla 11	Tiempos de retención hidráulica en las unidades de tratamiento	54

Lista de figuras

Figura 1	Descripción de la metodología	16
Figura 2	Flujograma del tren de tratamiento de las ARnD	17
Figura 3	Vista en planta del cribado en la entrada de las diferentes zonas de la Planta de desposte	18
Figura 4	Vista en Planta de la Trampa de grasas, escala 1:40	19
Figura 5	Trampa de grasas	20
Figura 6	Plano actualizado con dimensiones de la trampa de grasas y tanque Homogenizador	20
Figura 7	Trampa de grasas y tanque homogenizador	23
Figura 8	Reactor UASB con tubería de recirculación a tanque homogenizador	24
Figura 9	Isométrico del reactor UASB	25
Figura 10	Sistema de bombeo para recirculación de la parte superior del reactor UASB a la cabeza de entrada	26
Figura 11	Cabeza del reactor UASB con filtro, válvulas y tuberías de recirculación al tanque homogenizador y vertedero triangular	26
Figura 12	Interior de la cabeza del reactor UASB con flotador, tubería del efluente, tubería de recirculación al tanque homogenizador y vertedero triangular	27
Figura 13	Tanque dosificador de bacterias anaerobias y válvula de solenoide eléctrica	31
Figura 14	Sistema dosificador de bacterias anaerobias para el reactor UASB	31
Figura 15	Vista lateral del reactor UASB y reactor aerobio, escala 1:40	32
Figura 16	Reactor aerobio y sistema de aireación	33
Figura 17	Vista en planta del reactor aerobio, clarificador y tanque trasiego, escala 1:40	34
Figura 18	Reactor aerobio semienterrado	35
Figura 19	Plano del clarificador	36
Figura 20	Detalles del Clarificador	36
Figura 21	Clarificador existente	37
Figura 22	Clarificador con sus respectivas instalaciones hidráulicas y conexiones hasta el tanque espesador de lodos	37

Figura 23	Tanque trasiego	39
Figura 24	Vista en planta recirculación del reactor aerobio al tanque trasiego y Filtración	39
Figura 25	Vista lateral de Filtro Polyglass, dosificador de cloro y tanque de contacto, escala 1:15	41
Figura 26	Tanque espesador de lodos, Filtro Polyglass y tanque de contacto	41
Figura 27	Sistema de filtración, Filtro Polyglass	42
Figura 28	Isométrico del sistema de tratamiento de ARnD	47
Figura 29	Vista en planta del sistema de tratamiento de las ARnD	47
Figura 30	Preparación del trazador	48
Figura 31	Aforo volumétrico en la trampa de grasas	49
Figura 32	Ingreso de anilina al reactor UASB, fotografía lado izquierdo anilina a las 9:27 a.m.	49
Figura 33	Entrada de reactor UASB sin ingreso de anilina por bomba sumergible apagada en tanque homogenizador	50
Figura 34	Aforo en la entrada del reactor UASB, 1:24 p.m.	51
Figura 35	Aforo en el vertedero triangular del reactor UASB, 1:28 p.m.	52
Figura 36	Aforo de caudal, 11 de agosto de 2021	53
Figura 37	Aforo de caudal, 10 de noviembre de 2021	53
Figura 38	Medición de sólidos sedimentables con cono Imhoff	55
Figura 39	Mediciones de pH	56

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ARnD	Aguas residuales no domésticas
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
plg	Pulgadas
PTARnD	Planta de tratamiento de agua residual no doméstica
QB	Quality Beef
SST	Sólidos suspendidos Totales
TRH	Tiempo de retención hidráulica
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Resumen

La planta de desposte y derivados cármicos de Inversiones Euro S.A. en la actualidad tiene una PTARnD que trata las ARnD, la cual superó el caudal de diseño de 0,17 L/s para las unidades de tratamiento lo cual se evidencia en el rebose del sistema y como resultado se presenta un mal funcionamiento y deficiencia en la remoción de los parámetros para dar cumplimiento con la Resolución 0631 de 2015.

Esta propuesta pretende evaluar las instalaciones hidráulicas del tren de tratamiento de las ARnD de la planta de desposte con el fin de conocer el comportamiento y la capacidad en cada unidad, identificando los problemas que afectan la PTARnD. Se plantea realizar una actualización de planos, definiendo la cantidad y ubicación de las válvulas, tuberías y accesorios de las diferentes instalaciones hidráulicas, mediante inspecciones en la planta y a partir de aforos realizados determinar los respectivos TRH para el sistema de tratamiento para la identificación de las unidades que estén trabajando por fuera de su capacidad.

Para la trampa de grasas caudales inferiores o iguales a 0,17 L/s y con TRH entre 2,9 horas y 8,3 horas indican un buen funcionamiento. En el caso del reactor UASB, los mejores TRH para esta unidad son de 13,2 a 37,5 horas y para el sistema aerobio de lodos activados un TRH de 16,3 a 46,3 horas. Para TRH menores a 3,6 horas la PTRnD posiblemente no está siendo eficiente para remover DBO, SST, grasas y aceites, entre otros parámetros exigidos por la Resolución 0631 de 2013, lo cual se podría afirmar con una caracterización de las ARnD en días de mayor producción en la Planta de despostes.

Palabras clave: Agua residual no doméstica; Planta de desposte; Tiempo de retención Hidráulica; Tratamiento

Abstract

The meat derivatives industry of Inversiones Euro S.A. It currently has a non-domestic wastewater treatment plant, which exceeded the design flow of 0.17 L/s for the treatment units, which is evidenced by the overflow of the system and as a result there is malfunction and deficiency in the elimination of the parameters to comply by the Resolution 0631 of 2015.

This proposal intends to evaluate the hydraulic installations of a non-domestic wastewater treatment plant of the meat industry in order to know the behavior and capacity in each unit, identifying the problems of the non-domestic wastewater treatment plant. It is proposed to update the plans, inventory valves, pipes and accessories of the different hydraulic installations and, based on the gauging carried out, determine the remaining HRT for the treatment system to identify the units that are working outside of their capacity.

For the grease trap, flow rates less than or equal to 0.17 L/s and with HRT between 2.9 hours and 8.3 hours, it works well. The UASB reactor the best HRT for this unit is from 13.2 to 37.5 hours and for the aerobic system Activated Sludge HRT from 16.3 to 46.3 hours. For HRT less than 3.6 hours, it is possibly not being efficient to remove BOD, TSS, fats and oils and other parameters required by Resolution 0631 of 2013, which could be affirmed with a characterization of the non-domestic wastewater on days of higher production in the cutting plant.

Keywords: Non-domestic wastewater; Meat plant; Hydraulic retention time; Treatment

Introducción

Las industrias dedicadas al Sector Cárnico (ganadería, beneficio, desposte, subproductos y derivados) son unas de las más importantes para la economía de nuestro país, sin embargo, estas ocasionan grandes impactos ambientales que conllevan a generar aguas residuales con altas cargas orgánicas; donde muchas veces las aguas utilizadas para limpieza, desinfección de áreas, vehículos y asepsia de trabajadores son aguas contaminadas de sangre, grasas y residuos orgánicos. Por su parte, los residuos líquidos deben tener su correcto tratamiento en una PTARnD con el fin de mitigar la contaminación de los vertimientos de estas industrias y mejorar la calidad de los efluentes para reducir la contaminación en los cuerpos receptores.

El presente informe final de la práctica empresarial es realizado para la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A. anteriormente conocida como Planta QB. En la actualidad la PTARnD que trata los residuos líquidos de la Planta de desposte superó el caudal de diseño de sus unidades lo cual se evidencia en el rebose de la trampa de grasas, desbordamiento de los tanques, mal funcionamiento y rebose del reactor UASB y aerobio de lodos activados, deficiencia en el proceso de filtración y proliferación de malos olores, viéndose así afectado el tren de tratamiento y la calidad de los vertimientos que van al alcantarillado público. El ARnD debe ser tratada antes de ser vertida al medio natural o a la red de alcantarillado. En cualquiera de los dos casos, el tratamiento debe ser eficiente para que el vertimiento no cause ningún impacto ambiental en el medio y la composición de las aguas residuales debe cumplir con todos los parámetros físicos y químicos de la normativa vigente Resolución 0631 de 2015.

Esta propuesta pretende evaluar las instalaciones hidráulicas del tren de tratamiento de las ARnD de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A. con el fin de conocer el comportamiento y la capacidad en cada unidad, identificando los problemas que afectan el tren de tratamiento.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar las instalaciones hidráulicas del tren de tratamiento de las ARnD de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A.

1.2 Objetivos específicos

- Detallar el funcionamiento de cada unidad que conforma el tren de tratamiento, mediante revisión de planos, manuales de operación, válvulas y tuberías.
- Analizar el comportamiento de un trazador mineral en el afluente de la trampa de grasas, tanque homogenizador y reactor UASB para estudiar su comportamiento.
- Ajustar los planos de la PTARnD a partir de las condiciones actuales del sistema de tratamiento.

2 Marco teórico

El consumo de agua en la producción de carne es variable según el establecimiento, sin embargo, se estima que por kilo de carne procesada se utilizan unos 5 litros de agua en promedio (Carrera et al., 2019). De acuerdo a la cantidad de carne producida en cada país es posible estimar la cantidad de agua que se utiliza en la industria cárnica.

Estas aguas que se utilizan son el resultado de actividades y procesos en la industria cárnica, las cuales contienen una alta carga orgánica. Es por esto que, la opción más recomendable y ventajosa para su tratamiento, es un diseño que incluya un pretratamiento del agua, que elimine los sólidos gruesos, finos, aceites, grasas y amortigüe las fluctuaciones de caudal; y a continuación, un tratamiento biológico, el cual será responsable de eliminar la materia orgánica y el nitrógeno (Condorchem, s.f.).

Navajas (2015), afirma que: “En las aguas residuales de mataderos e industrias cárnicas pueden aplicarse tratamientos primarios, secundarios y terciarios, siendo lo normal que estos últimos no se encuentren dentro del proceso depurativo”. A continuación se indican los tratamientos habituales presentes en el tratamiento de efluentes de plantas de sacrificio animal:

- Pretratamiento: Desbaste y tamizado
- Tratamientos primarios: Eliminación de grasas, homogeneización. y neutralización.
- Tratamiento Secundario Biológico
- Eliminación de Nutrientes Línea de Fangos
- Tratamiento de Fangos

La mayoría de los diseñadores de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, lo realizan basados en los procesos biológicos que en ellos se desarrollan y no toman con el peso debido a los problemas hidráulicos que dentro de los reactores ocurren, como son: características del fluido, régimen de mezcla, tiempo de residencia, geometría del reactor y estado de agregación de elementos del fluido, los cuales influyen en la eficiencia de los procesos que se llevan a cabo durante el tratamiento (Pérez y Torres, 2008; Giácoman et al., 2006).

Para visualizar el funcionamiento de una unidad desde el punto de vista hidráulico, es conveniente utilizar una sustancia trazadora. Las sustancias trazadoras pueden ser: colorantes como fluoresceína o rodamina; iones como cloruros especialmente de sodio, potasio o litio; fluoruros o nitratos; elementos radiactivos como isótopos; ácido clorhídrico o benzoico y otras sustancias químicas como alizarim, sapirol y naftol (Pérez y Torres, 2008), de tal forma que pueda ser aplicada al flujo de entrada de la unidad.

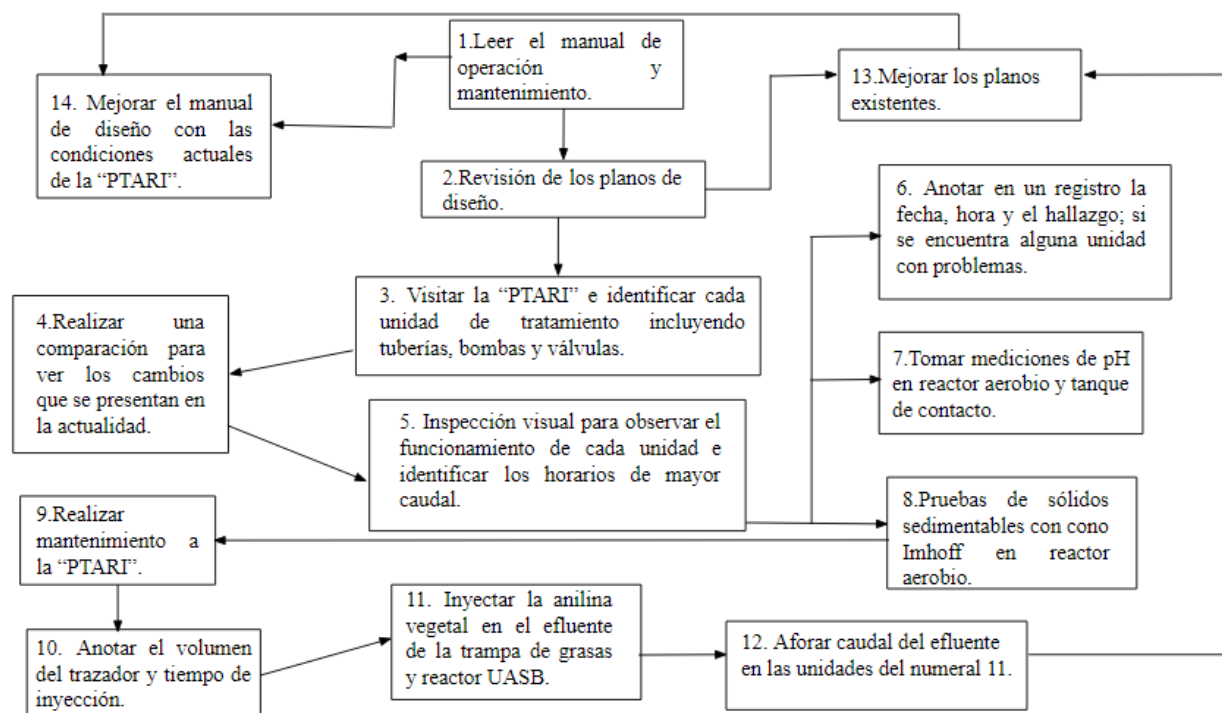
En una industria cárnica los sistemas de drenaje deben cumplir con los siguientes requisitos: 1. Permitir la evacuación continua de aguas industriales y aguas domésticas sin que se genere empozamiento o estancamiento. 2. No se deben ubicar cajas de inspección o trampas de grasas dentro de las instalaciones de las áreas de procesamiento. 3. Evitar la contaminación del producto, del agua potable, de los equipos, herramientas y la creación de condiciones insalubres dentro de la planta de beneficio. 4. Evitar las condiciones de contracorriente e interconexiones entre sistemas de cañerías que descargan aguas industriales y aguas domésticas. 5. Disponer aguas residuales mediante sistemas separados para aguas industriales y domésticas, evitando el retorno de las aguas residuales, gases y vapores generados en la planta de beneficio. 6. Los sistemas de desagüe deben contar con sifones adecuados para tal fin y su construcción y diseño deben prevenir el riesgo de contaminación de los productos y el ingreso de plagas. 7. No podrá existir escurrimientos de líquidos desde las áreas sucias hacia las áreas limpias (Resolución 0240 de 2013).

3 Metodología

En la **Figura 1** se muestra el esquema de la metodología que se empleará para llevar a cabo cada uno de los objetivos específicos. En la descripción se encuentran 14 pasos con un orden consecutivo para dar mejor claridad a las actividades programadas para cumplir con el objetivo general.

Figura 1

Descripción de la metodología



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

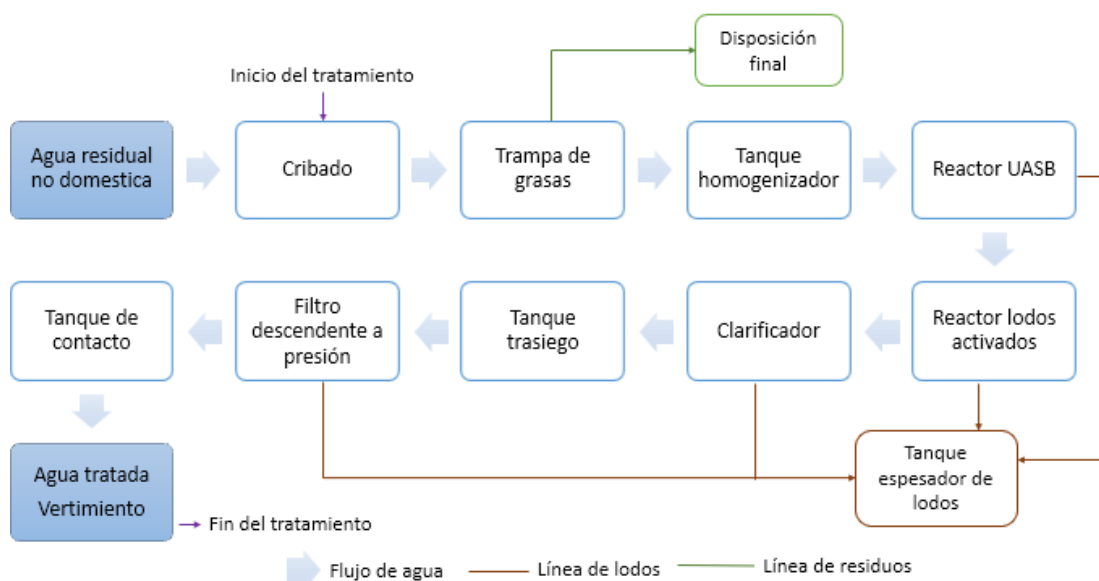
4 Resultados

Al investigar sobre la información existente en el programa de gestión ambiental P-GA-02 Aguas residuales de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A. y realizar una revisión del manual de operación y mantenimiento en conjunto con los planos existentes de la PTARnD. Se observó que los planos de diseño de la empresa Eduardoño S.A. no estaban actualizados con los detalles que tiene en la actualidad la PTARnD, en estos planos se identificaron algunos isométricos de las diferentes unidades de tratamiento con las vistas en planta y lateral con información incompleta para las dimensiones de las diferentes instalaciones hidráulicas y sin un inventario detallado de las tuberías, válvulas, accesorios y bombas instaladas por parte de la empresa de diseño.

Para actualizar la información existente de las instalaciones hidráulicas de la PTARI, se comenzó realizando una búsqueda del tren de tratamiento y todas las unidades que lo conforman (**Figura 2**), luego se realizó inspección visual para el levantamiento de las respectivas dimensiones e inventario de accesorios de las instalaciones hidráulicas y así comparar con los planos de diseño del programa de aguas residuales.

Figura 2

Flujograma del tren de tratamiento de las ARnD



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales.

4.1 Cribado

Las rejillas de cribado son rectangulares y con orificios pequeños, se encuentran distribuidas a lo largo de los pasillos de las diferentes áreas de procesos de la Planta de desposte, derivados cárnicos y en el ingreso de todas las cavas (**Figura 3**), con el fin de retener los sólidos gruesos (desgorde y residuos de carne). En la trampa de grasas también hay una rejilla de 0,80*0,405 metros (**Figura 5**) con el objetivo de que los sólidos gruesos que no fueran atrapados en las demás rejillas distribuidas en la Planta no caigan en la trampa de grasas y sean conducidos a las demás unidades de tratamiento. Las rejillas de cribado están diseñadas para evitar que estos residuos gruesos ocasionen problemas en tuberías, bombas, en la remoción de carga orgánica del sistema y en la capacidad hidráulica.

Figura 3

Vista en planta del cribado en la entrada de las diferentes zonas de la Planta de desposte



Nota. Fuente Luz Amparo Alvarado Cano.

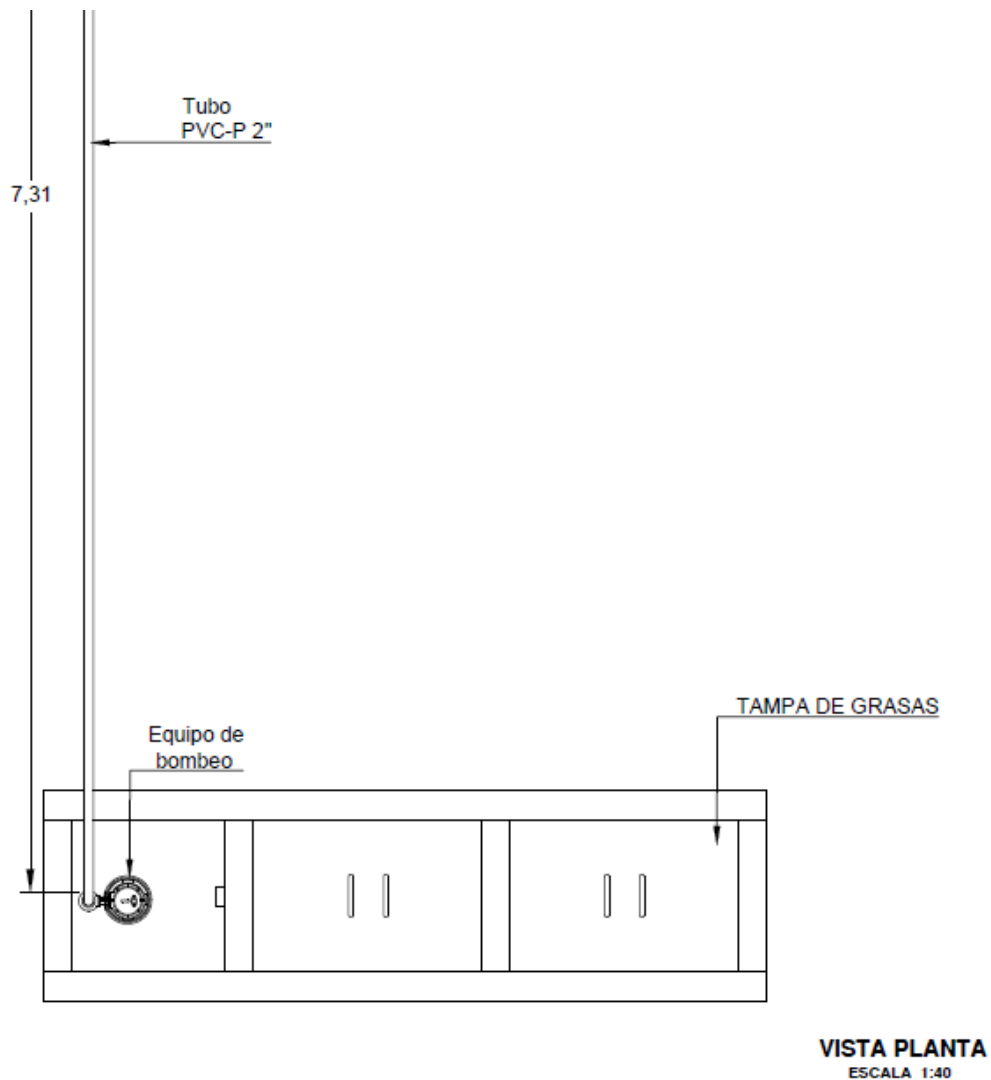
4.2 Trampa de grasas

La trampa de grasas está diseñada para las partículas livianas suspendidas y el agua residual

que las contiene, con el fin de que puedan flotar por elevación gravitacional y queden atrapadas en la superficie. La trampa está conformada por 2 unidades, una rejilla de 0,80*0,405 metros ubicada debajo de la tubería del afluente con sus respectivas magnitudes, tuberías y accesorios (**Figura 6, Tabla 1**). En el plano de diseño (**Figura 4**) se evidencia un error, debido a la ubicación de la trampa de grasas la cual debería estar al lado izquierdo del plano justo donde se encuentra el tanque homogenizador. Además, el plano carece de las respectivas dimensiones, tuberías para el afluente y el efluente de este tratamiento preliminar.

Figura 4

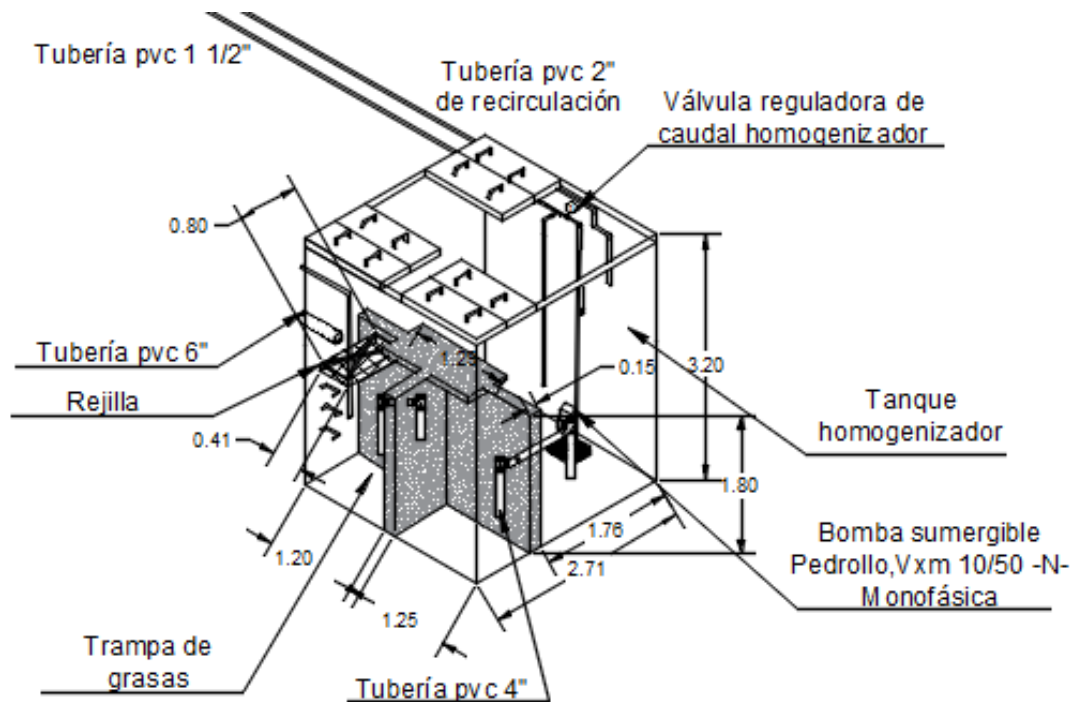
Vista en planta de la trampa de grasas, escala 1:40



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

Figura 5*Trampa de grasas*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 6*Plano actualizado con dimensiones de la trampa de grasas y tanque homogenizador*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:56.

Tabla 1*Dimensiones e instalaciones hidráulicas de la trampa de grasas*

Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Número de unidades	2	-	-
Ancho de la unidad N°1	-	0,80	m
Largo de la unidad N°1	-	1,20	m
Profundidad de la unidad N°1	-	1,80	m
Volumen de la unidad N°1	-	1,73	m ³
Ancho de la unidad N°2	-	0,80	m
Largo de la unidad N°2	-	1,25	m
Profundidad de la unidad N°2	-	1,80	m
Volumen de la unidad N°2	-	1,80	m ³
Espesor de muro divisorio entre unidades de la trampa de grasas	-	0,15	m
Tubería de PVC amarilla del afluente	-	6	plg
Tubería de PVC amarilla en unidad N°1	1	4	plg
Tubería de PVC amarilla en unidad N°2	2	4	plg
Tee recta de PVC color amarillo	3	4	plg
Rejilla	1	0,80*0,405	m
Ancho de la trampa de grasas	-	0,80	m
Largo de la trampa de grasas	-	2,60	m

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.3 Tanque homogenizador

El tanque homogenizador tiene como objetivo controlar las variaciones de caudal y homogenizar las cargas orgánicas al lograr un caudal constante. En el plano de diseño el tanque homogenizador está mal ubicado, debido a la ubicación incorrecta que se muestra (**Figura 4**). Este tanque está después de la trampa de grasas y separado por un muro divisorio. En el diseño no se muestra la respectiva tubería de retorno que viene del reactor UASB y cae nuevamente al tanque homogenizador (**Figura 6, Figura 7**).

Tabla 2

Dimensiones e instalaciones hidráulicas del tanque homogenizador

Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Largo	-	2,60	m
Ancho	-	1,76	m
Profundidad útil máxima	-	1,80	m
Volumen	-	8,24	m ³
Válvula de compuerta	1	2	plg
Válvula de bola en PVC para regular caudal del homogenizador	1	1 ½	plg
Tubería en PVC amarilla	1	4	plg
Tee recta en PVC amarilla	1	4	plg
Bomba sumergible Pedrollo, VXm 10/50- N-Monofásica*	1	50-400	Q (L/min)
		110	voltios
		1	HP
Tubería de recirculación amarilla en PVC	Aprox. 11	2	plg

Tubería blanca en PVC del homogenizador a reactor UASB	Aprox. 10	1 ½	plg
Codo de 90° PVC	Aprox. 10	2	plg
Codo de 90° PVC	Aprox. 9	1 ½	plg
Tee recta PVC	1	1 ½	plg

* P-GA-02. Inventario de equipos electromecánicos.

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 7

Trampa de grasas y tanque homogenizador



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.4 Reactor UASB

Cuando el agua residual llega a la cabeza del reactor UASB, el afluente es conducido por gravedad hasta ingresar por la parte inferior, luego atraviesa el perfil longitudinal del reactor y su efluente sale por la parte superior (**Figura 8**). En los detalles registrados en el plano por la empresa de diseño (**Figura 9**) faltan detalles de conexión entre tuberías de retorno y de entrada al reactor, se

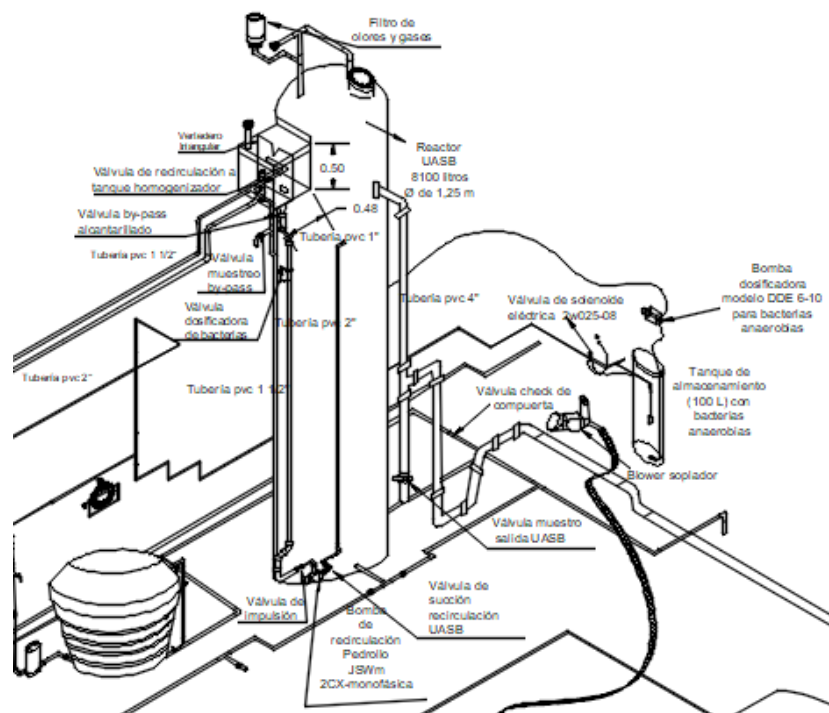
observa el sistema de bombeo para recircular desde la parte superior (**Figura 8, Figura 9, Figura 10**), pero no se evidencia la tubería que alimenta el reactor en la parte inferior.

Para la cabeza o caja de entrada del afluente no se identifican en los planos los detalles existentes a su alrededor y en su interior (**Figura 11, Figura 12, Tabla 3**), ni las tuberías que conducen los diferentes flujos del reactor y de la recirculación (**Figura 10, Tabla 3**), en la inspección visual se identificó en la caja del reactor UASB un flotador que controla el caudal del afluente que proviene del tanque homogenizador, un vertedero triangular y la tubería de retorno con una abertura de aproximadamente 7 mm (**Figura 12**).

En los planos no hay evidencia del sistema de dosificación de bacterias y válvula de Solenoide eléctrica para conducir agua potable al tanque dosificador de 100 litros, empleado para diluir las bacterias anaerobias con una bomba DDE 6-10 para la correcta dosificación hasta el reactor UASB (**Figura 13, Figura 14, Tabla 3**).

Figura 8

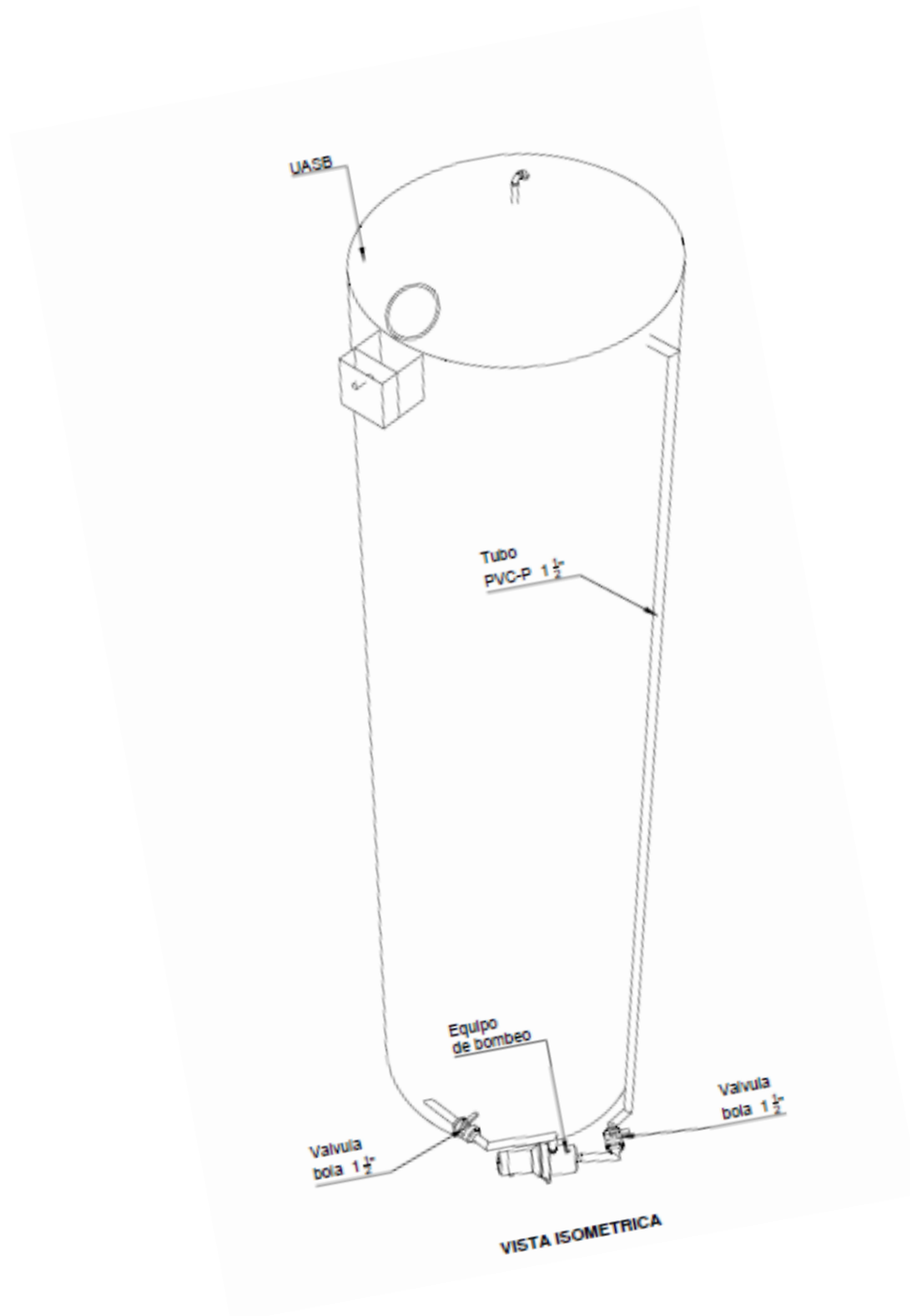
Reactor UASB con tubería de recirculación a tanque homogenizador



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:36.

Figura 9

Vista isométrica del reactor UASB



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

Figura 10

Sistema de bombeo para recirculación de la parte superior del reactor UASB a cabeza de entrada



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 11

Cabeza del Reactor UASB con filtro, válvulas y tuberías de recirculación al tanque homogenizador



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 12

Interior de la cabeza del Reactor UASB con flotador, tubería del efluente, tubería de recirculación al tanque homogenizador y vertedero triangular



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Tabla 3

Dimensiones e instalaciones hidráulicas del reactor UASB

Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Diámetro	-	1,25	m
Altura aproximada	-	6,6	m
Volumen	-	8,1	m ³

Bomba de recirculación			
Pedrollo, JSWm 2CX-Monofásica*	1	50-70	Q (L/min)
		220	voltios
		1	HP
Válvula azul de bola en PVC de Bypass	1	1 ½	plg
Válvula azul de bola en PVC para regular el afluente a la caja del reactor	1	1 ½	plg
Válvula de bola gris en PVC para impulsión en la recirculación	1	1	plg
Válvula bola gris en PVC para succión en la recirculación	1	1	plg
Tubería blanca de PVC para recirculación	Aprox. 6	1	plg
Válvula verde de bola en PVC para muestreo del afluente que proviene del tanque homogenizador	1	1 ½	plg
Tubería blanca de PVC	Aprox. 8	1 ½	plg
Tubería blanca de PVC	Aprox. 5	2	plg
Tubería amarilla de PVC	Aprox. 11	4	plg
Válvula bola color azul PVC para muestreo de salida del UASB	1	4	plg
Tee recta color blanco en PVC	Aprox. 5	1 ½	plg

Codo de 90° blanco en PVC	Aprox. 11	1 ½	plg
Codo de 45° blanco en PVC	Aprox. 4	1	plg
Tee color amarillo en PVC	Aprox. 2	4	plg
Codo de 45° amarillo en PVC	Aprox. 3	4	plg
Codo de 90° amarillo en PVC	Aprox. 4	4	plg
Caja de entrada del reactor			
UASB Largo		0,48	m
Ancho	1	0,45	m
Profundidad		0,50	m
			L/h
Bomba dosificadora modelo		6	(capacidad máxima)
DDE 6-10 para bacterias anaerobias GRUNDFOS *	1	10	Bar (Presión máxima)
Tee blanca reducida hembra de PVC	1	1	plg
			Voltios
Válvula de Solenoide eléctrica RFS**		110	mm (orificio)
Model: 2w025-08	1	2,5	Bar (presión)
		0-7	
Tubería blanca PVC	9	1/2	plg
Válvula bola color verde en PVC	1	1/2	plg
Codos blanco de 90° en PVC	8	1/2	plg

Codos blanco de 45° en PVC	4	1/2	plg
Tanque dosificador de bacterias anaerobias **			
Profundidad	1	0,97	m
Diámetro		0,375	m
Volumen		0,1	m ³
Uniones Universales	2	1	plg
Válvula verde de paso en PVC para drenaje del UASB al tanque de lodos	1	1 ½	plg
Válvula azul de paso en PVC para drenaje del UASB a caja de salida	1	1 ½	plg
Válvula verde de paso para muestreo de los lodos del fondo del reactor UASB	1	1 ½	plg

*Versión P Smart digital Ref. GRUNDFOS 97720957. Fuente <https://n9.cl/oe101>

** Figura 13, Figura 14

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 13

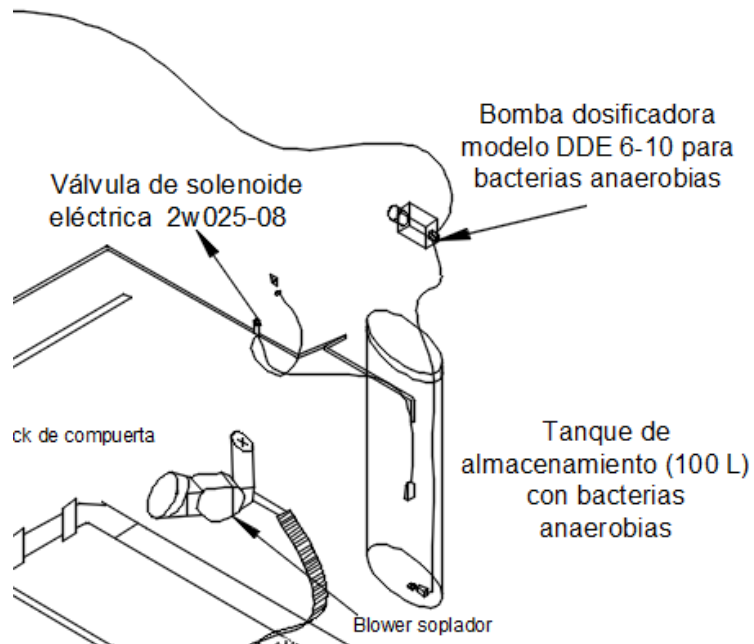
Tanque dosificador de bacterias anaerobias y válvula de solenoide eléctrica



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 14

Sistema dosificador de bacterias anaerobias para el reactor UASB



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

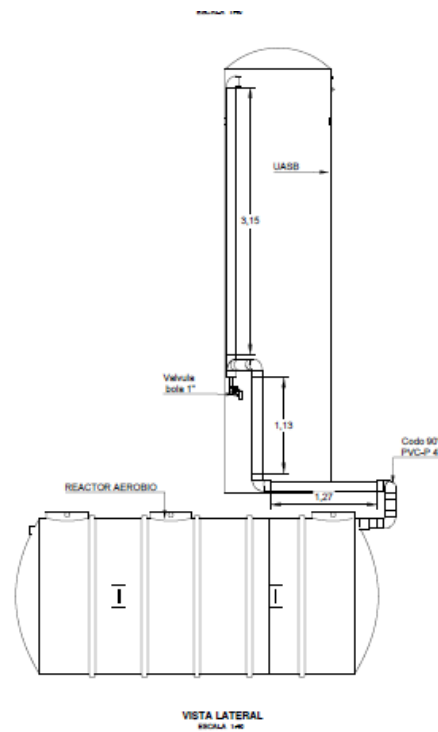
4.5 Reactor de lodos activados

Luego de que el agua residual pasa por el reactor UASB, por medio de tuberías de 4 plg alimenta al reactor aerobio (**Figura 15**) para tener contacto con los microorganismos que transformaran la materia orgánica e inorgánica disuelta y en suspensión utilizando oxígeno por medio de un soplador que inyecta aire como se puede observar en la **Figura 16**.

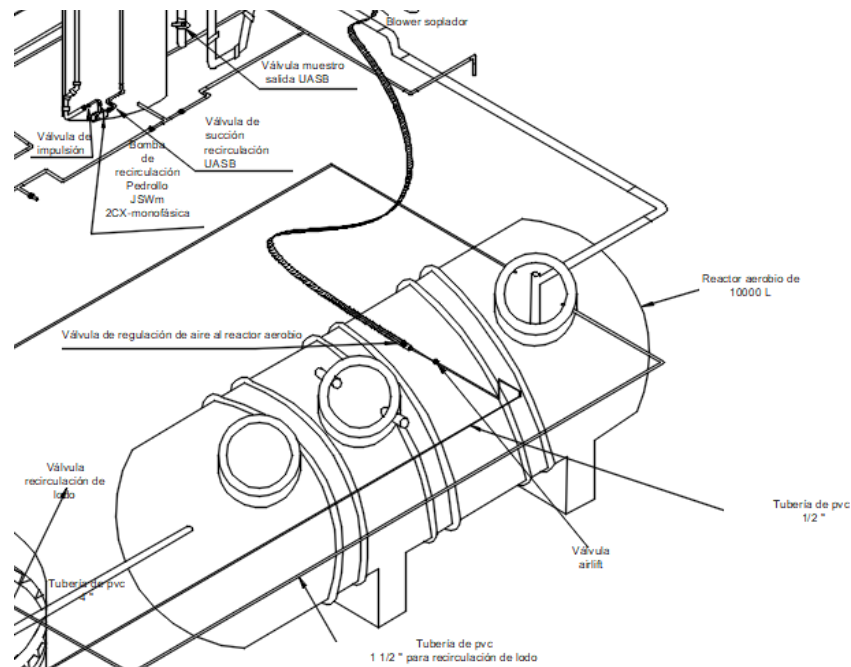
En la **Figura 17**, se observa el reactor aerobio sin sus respectivas tuberías de recirculación al clarificador y tanque trasiego, pero en la **Figura 21** el diseño sólo muestra la tubería de recirculación al tanque trasiego. Una vista en planta real del reactor se puede observar en la **Figura 18** donde se puede ver el reactor semienterrado con tapas metálicas que tienen acceso a su superficie y respectivas válvulas.

Figura 15

Vista lateral del reactor UASB y reactor aerobio, escala 1:40



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

Figura 16*Reactor aerobio y sistema de aireación*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:20.

En la **Tabla 4**, se encuentran las instalaciones hidráulicas del reactor aerobio con las especificaciones del sistema de aireación y los detalles de recirculación hacia otras unidades de tratamiento (clarificador y tanque trasiego).

Tabla 4*Dimensiones e instalaciones hidráulicas del reactor aerobio*

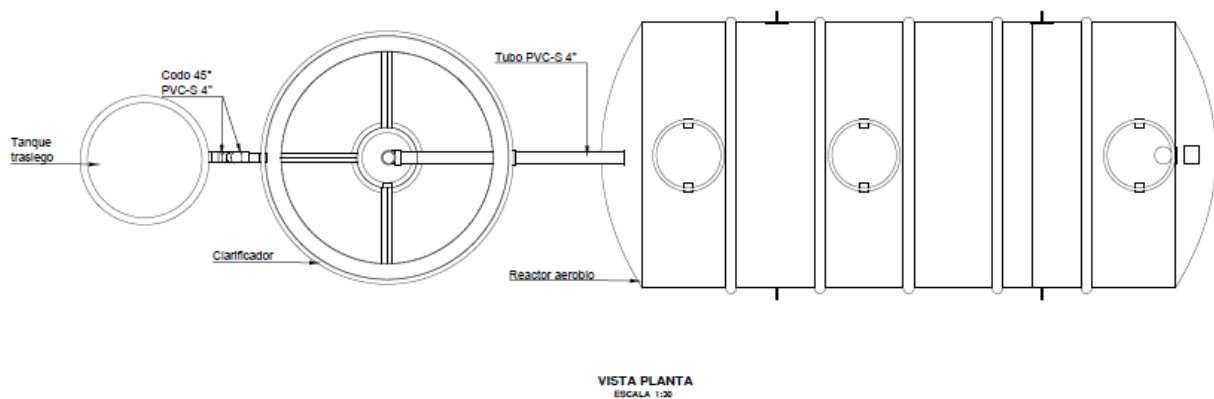
Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Diámetro	-	1,85	m
Volumen		10	m ³
Válvula de compuerta para regulación de aire al reactor aerobio	1	-	-
Válvula de compuerta airlift	1	1/2	plg

Blower de aireación LAFERT IEC60034-Trifásico	1	2 220	HP Voltios
Tubería blanca PVC recirculación de lodos del clarificador a reactor aerobio	3	1 ½	plg
Codo de 90°	2	1 ½	plg
Tubería blanca PVC airlift	Aprox. 7	1/2	plg
Tubería blanca PVC recirculación del tanque trasiego a reactor aerobio	3	1 ½	plg
Codo de 90°	Aprox.4	1 ½	plg
Codo de 90°	Aprox.6	1/2	plg
Tubería amarilla PVC	1	4	

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 17

Vista en planta del reactor aerobio, clarificador y tanque trasiego. Escala 1:30



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

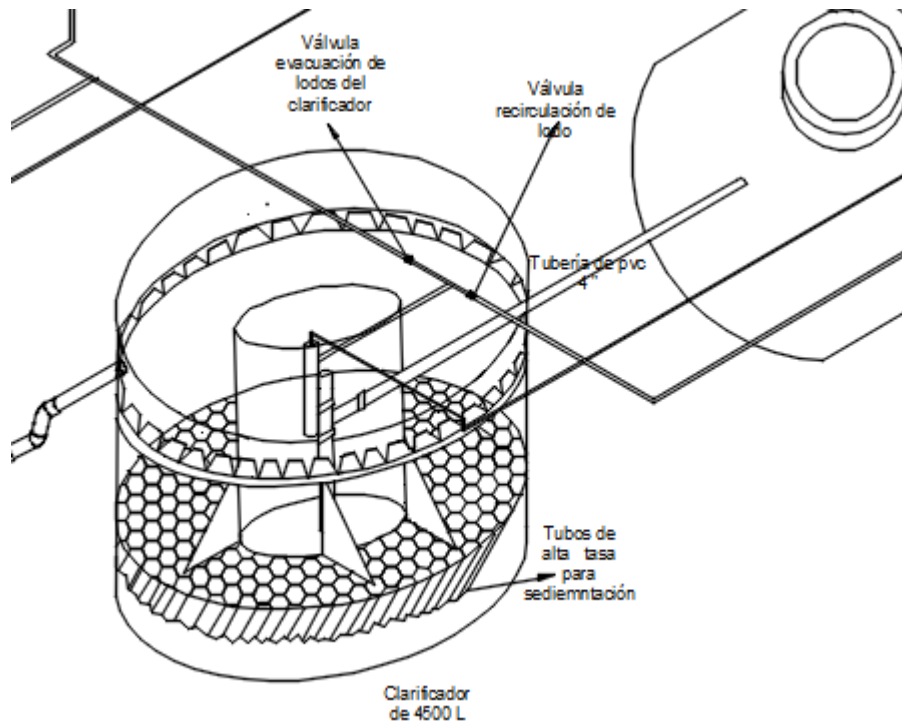
Figura 18*Reactor aerobio semienterrado*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.6 Clarificador

El Clarificador es un sedimentador que separa los sólidos suspendidos por acción de la gravedad, dejando así el agua más clarificada. Aunque en la **Figura 17** y **Figura 20** no observa en esta unidad los detalles de su interior, en la realidad el clarificador cuenta con módulos de sedimentación tipo colmena (**Figura 19**, **Figura 21**) empleados para una alta tasa en la sedimentación. También se pueden observar los vertederos triangulares a su alrededor.

En el centro del Clarificador se puede ver el pistón que inyecta aire desde la válvula airlift del reactor aerobio, para impulsar el agua en la recirculación de lodos hasta el reactor de lodos activados, también se observa la tubería para evacuar los lodos hasta el tanque espesador de lodos (**Figura 19**, **Figura 22**).

Figura 19*Detalle del Clarificador*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:36

Figura 20*Clarificador*

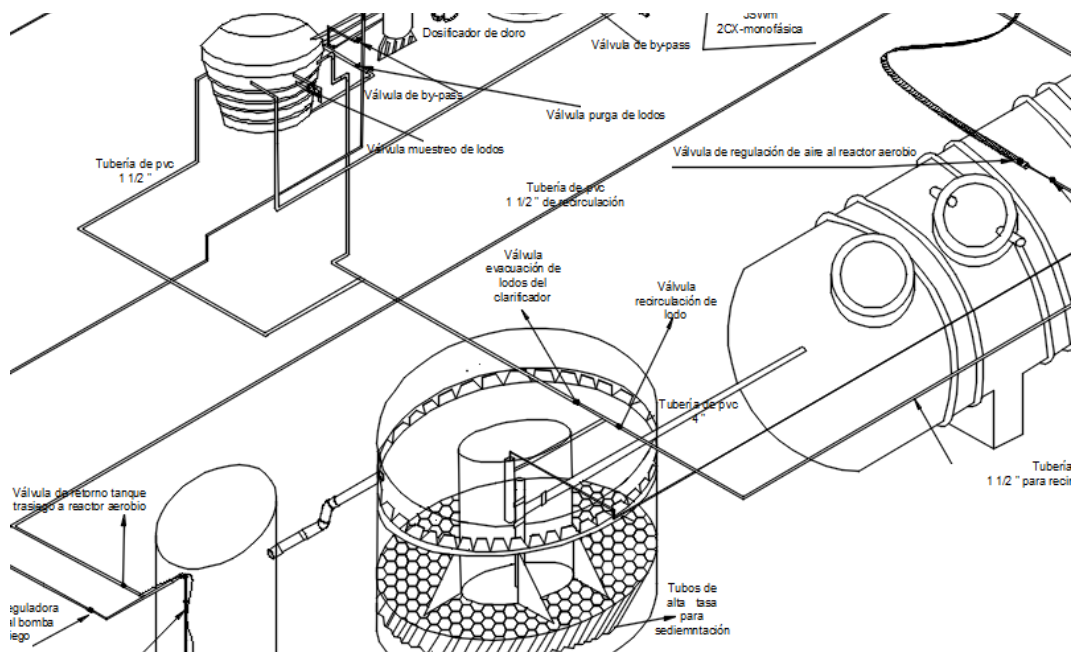
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 21*Clarificador existente*

Nota. Fuente Manual de usuario operación y mantenimiento, PTARnD Euro, Medellín-Antioquia.

Figura 22

Clarificador con sus respectivas instalaciones hidráulicas y conexiones hasta el tanque espesador de lodos



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:22

En la **Tabla 5** se encuentran un inventario de las tuberías y accesorios del clarificador.

Tabla 5

Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Clarificador

Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Diámetro	-	1,70	m
Volumen		4,5	m ³
Altura	-	2	m
Tubería blanca PVC para evacuación de lodos	7	1 ½	plg
Codo blanco de 90° PVC	Aprox. 6	1 ½	plg
Tee recta blanca PVC	1	1 ½	plg
Tee reducción blanca PVC	1	1 ½*1/2	plg
Válvula bola azul PVC para evacuación de lodos del Clarificador	1	1 ½	plg
Válvula bola azul PVC para recirculación de lodos	1	1 ½	plg

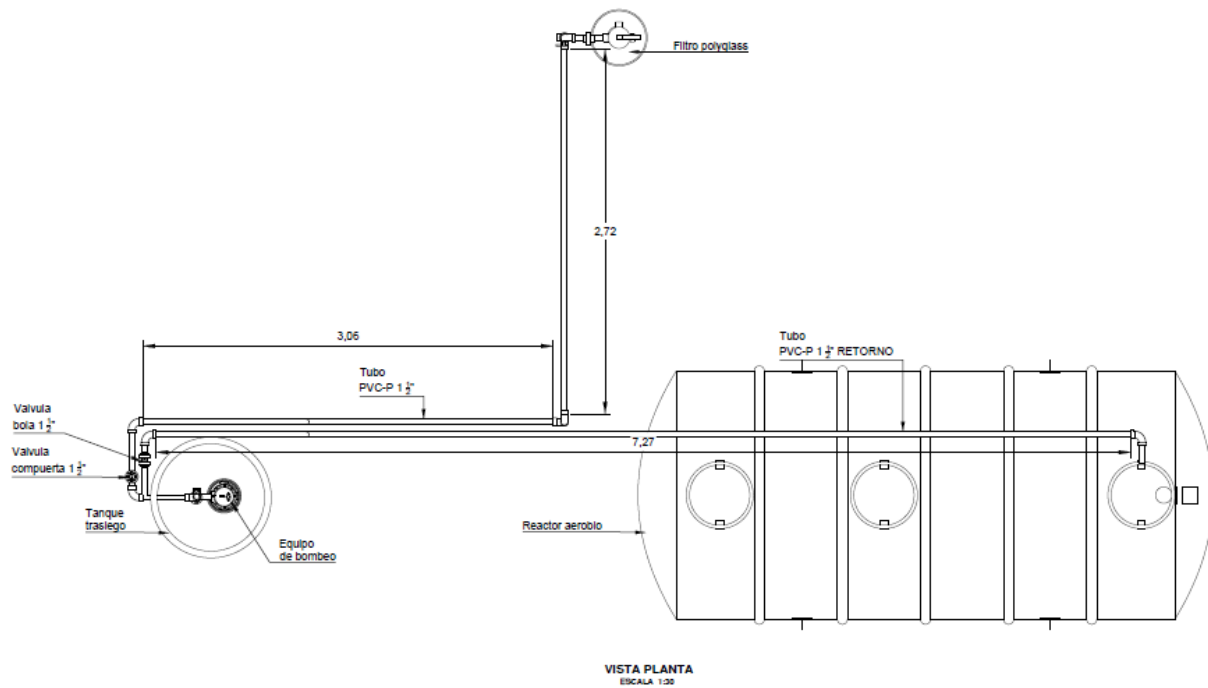
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.7 Tanque trasiego

Este tanque está diseñado para trasegar o transportar con sistema de bombeo las aguas residuales hasta el filtro, garantizando condiciones previas de presión y caudal para el proceso de filtración. En la **Figura 23** y **Figura 24** se puede ver las respectivas vistas en planta para el trasiego con los detalles especificados en la **Tabla 6**.

Figura 23*Tanque Trasiego*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 24*Vista en planta recirculación del reactor aerobio al tanque trasiego y filtración*

Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

Tabla 6*Dimensiones e instalaciones hidráulicas del tanque Trasiego*

Dimensión, válvula, tubería, accesorio o bomba	Cantidad	Valor	Unidad
Diámetro	-	0,80	m
Volumen	-	1,2	m ³
Altura	-	2,38	m
Bomba sumergible Pedrollo, VXm 10/35-ST	1	50-400	L/min (Q)
Monofásica*		2	HP
		220	Voltios
Cheque de Bronce	1	1 ½	plg
Válvula bola azul reguladora de caudal de la bomba trasiego	1	1 ½	plg
Válvula bola naranja en PVC para entrada del filtro	1	1	plg
Tubería blanca PVC del tanque trasiego hasta la entrada del filtro	Aprox. 3	1	plg
Codo de 90° en PVC	Aprox. 2	1	plg

* P-GA-02. Inventario de equipos electromecánicos.

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

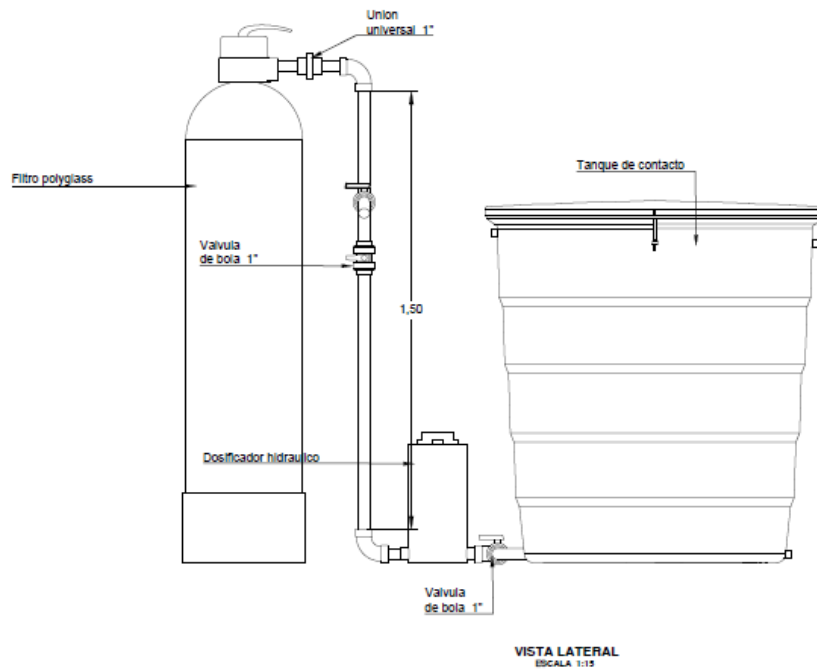
4.8 Filtración descendente a presión

Este proceso se realiza para pulir el agua que proviene del Clarificador, agua con sólidos que no logran quedar sedimentados y son retenidos en el filtro Polyglass (**Figura 25, Figura 26, Figura 27**).

En la **Tabla 7**, se mencionan los elementos existentes para el sistema de filtración de la PTARnD con sus respectivas especificaciones.

Figura 25

Vista lateral de Filtro polyglass, dosificador de cloro y tanque de contacto. Escala 1:15



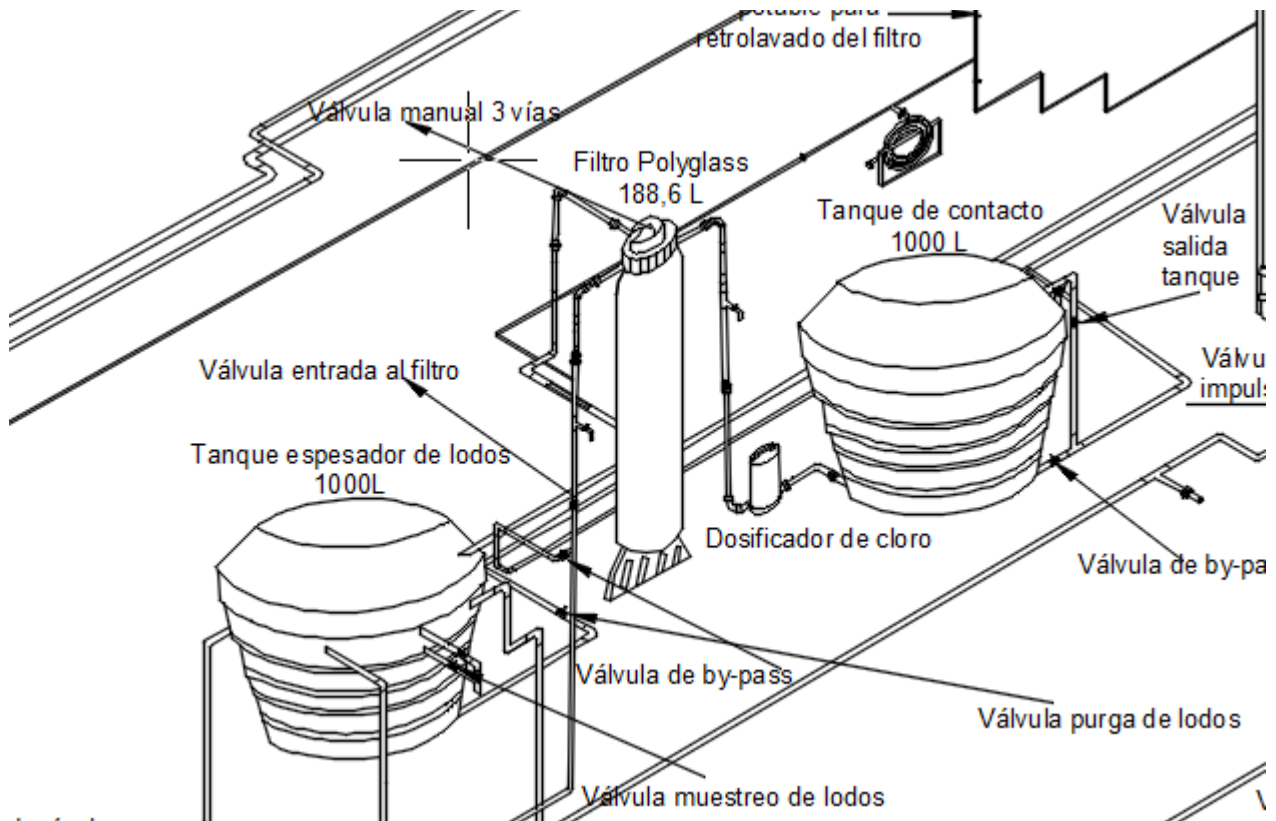
Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

Figura 26

Tanque espesador de lodos, Filtro polyglass, dosificador de cloro y tanque de contacto



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Figura 27*Sistema de filtración, Filtro Polyglass*

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:10

Tabla 7*Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Filtro Polyglass*

Dimensión, válvula, tubería, accesorio, bomba y lecho filtrante	Cantidad	Valor	Unidad
Válvula bola color azul entrada del filtro de PVC	1	1	plg
Válvula de bola color azul By- pass de PVC	1	1	plg
Uniones universales	4	1	plg
Válvula de paso azul en PVC para muestra a la salida del filtro	1	1	plg

Válvula de paso en PVC para muestra en la entrada del filtro	1	1	plg
Válvula bola color azul PVC después de válvula de entrada	1	1	plg
		2,5	plg (Rosca en la base)
Válvula manual 3 vías	1	3/4 - 1	plg (entrada y salida)
		149*12	mm
		7*180	mm
Peso		25,7	Kg
Presión máxima		150	psi
			plg
Tamaño		16	(diámetro)
		65	plg (altura)
		Grava	plg
		1/2- 1/4	
		Grava	plg
		1/4 - 1/8	
		Grava	plg
Lecho filtrante		1/8 -M10	
		Arena sílice 0.45	mm
		Carbón activado	-

Capacidad de material filtrante*		113,2	L
Volumen total*		188,6	L
Tubería de PVC blanca	Aprox.18	1	plg
Unión de PVC lisa	8	1	plg
Unión de PVC lisa	3	½	plg
Tee PVC reducción	1	1*½	plg
Tee PVC	1	½	plg
Codos de 90° en PVC	Aprox.12	1	plg
Válvula de paso metálica, color azul para agua potable	1	½	plg
Válvula verde de paso en PVC para retrolavado del filtro	1	½	plg
Tubería de PVC blanca	8	½	plg
Tee en PVC blanca	3	½	plg
Dosificador de Cloro	1	-	-

*Ficha técnica filtro Polyglass Purikor

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.9 Tanque de contacto

Este es un tanque donde el tratamiento de las ARnD llega a su etapa final después de estar en contacto con el dosificador de Cloro para eliminar los patógenos o bacterias contenidas en el agua residual, después del agua estar por cierto tiempo en este tanque es vertida al alcantarillado.

En la **Figura 25**, **Figura 26** y **Figura 27** se puede observar el tanque de contacto a la derecha del filtro Polyglass y en la **Tabla 8** sus respectivas dimensiones e instalaciones.

Tabla 8*Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Tanque de contacto*

Dimensión, válvula, tubería, accesorio, bomba y lecho filtrante	Cantidad	Valor	Unidad
Volumen	-	1000	L
Válvula de bola color azul muestreo del tanque de contacto	1	1	plg
Válvula de bola azul en PVC para vaciar el tanque	1	1	plg
Válvula bola en PVC para entrada al tanque de contacto	1	1 ½	plg
Válvula de paso en PVC para salida del tanque de contacto	1	1 ½	plg
Codos de PVC de 90°	4	1 ½	plg
Tee en PVC	2	1 ½	plg
Tubería en PVC	Aprox.6	1 ½	plg
Codo de 45° en PVC	1	1 ½	plg

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.10 Tanque de Lodos

Este tanque se encuentra ubicado a lado izquierdo del filtro Polyglass, en él se encuentran almacenados los lodos que provienen de purgas del Clarificador, del reactor UASB y sólidos del retrolavado del proceso de filtración (**Figura 22, Figura 26**).

En la **Tabla 9** se encuentran los respectivos detalles correspondientes al tanque espesador de lodos.

Tabla 9*Dimensiones e instalaciones hidráulicas del Tanque espesador de lodos*

Dimensión, válvula, tubería, accesorio, bomba y lecho filtrante	Cantidad	Valor	Unidad
Volumen	-	1000	L
Válvula muestreo perfil de lodos	2	1 ½	plg
Codo de 90° en PVC	11	1 ½	plg
Tubería en PVC	Aprox.16	1 ½	plg
Tee en PVC	2	1 ½	plg
Válvula de paso para purga de lodos hacia el alcantarillado	1	1 ½	plg

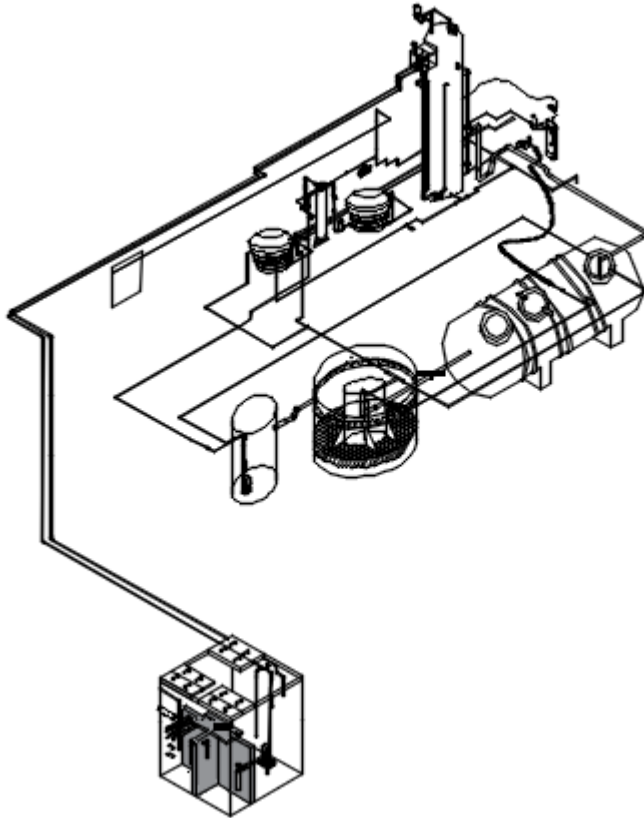
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Se puede observar en la **Figura 28**, los detalles actualizados para cada sistema de tratamiento como resumen del inventario de tuberías, bombas y accesorios que conforman las diferentes instalaciones hidráulicas del sistema de tratamiento.

La vista en planta del plano de diseño de la empresa Eduardoño S.A.S. se puede ver en la **Figura 29**.

Figura 28

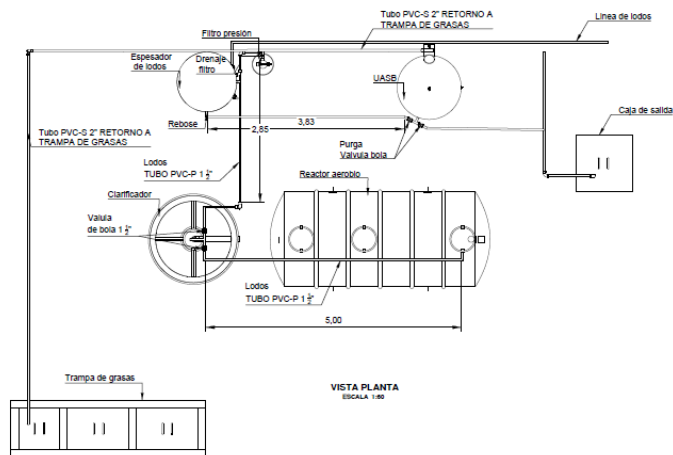
Isométrico del sistema de tratamiento de ARnD



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra, escala 1:59

Figura 29

Vista en planta del sistema de tratamiento de ARnD



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales. Plano de Eduardoño S.A.

4.11 Trazador con anilina

Se disolvió 123 gramos de anilina en polvo color rojo en 12 litros de agua con el fin de utilizar esta mezcla como trazador en la trampa de grasas y tanque homogenizador (**Figura 30**). El trazador se inyectó a las 8:51 a.m. con el objetivo de coger un caudal mínimo y ver el comportamiento hidráulico.

Figura 30

Preparación del trazador



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Se inyectó el trazador de la forma más rápida posible contabilizando con un cronómetro el tiempo desde que se terminó de vaciar por completo los 12 litros de anilina hasta visualizar la salida de la anilina por la trampa de grasas. El cronómetro contabilizó 35 minutos con 25 segundos. Durante este proceso se observó que parte de la anilina quedó represada en la grasa y en los rincones de la trampa (**Figura 5, Figura 7**). También se realizó un aforo volumétrico (**Figura 31**), para lo cual se empleó un recipiente de 12 L con un tiempo de llenado de 4 minutos con 38 segundos para el afluente de la trampa; obteniéndose así 0,044 L/s de caudal.

Figura 31

Aforo volumétrico en la trampa de grasas

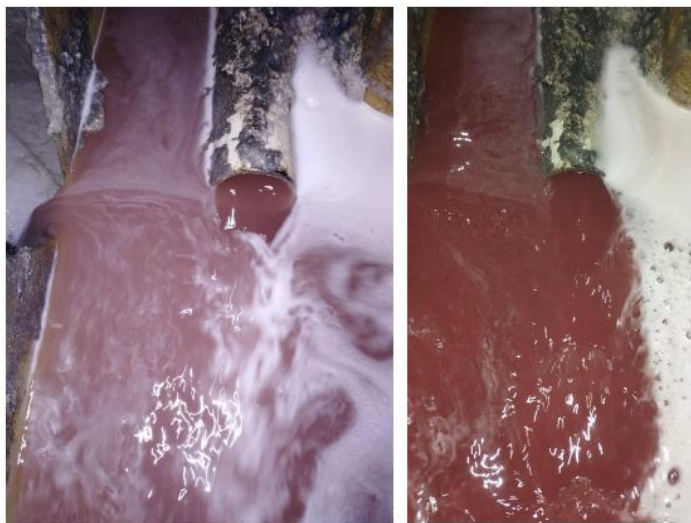


Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Para el reactor UASB se espero en la caja de entrada el ingreso de la anilina justo donde ingresa el efluente que proviene del tanque homogenizador (**Figura 32**) en el transcurso del tiempo que ingresaba la anilina comenzaba con un color leve y a medida que incrementaba el tiempo se intensificaba el color.

Figura 32

Ingreso de anilina al reactor UASB, fotografía lado izquierdo anilina a las 9:27 a.m. y fotografía al lado derecho 9:55 a.m.



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

A lo largo que transcurría el experimento con el trazador, se observó que la bomba del tanque homogenizador estaba trabajando de forma directa y muchas veces sin estar sumergida, debido a que el flotador no estaba conectado a la bomba sumergible para controlar su operación según el nivel del agua, el problema se corrigió con las personas de mantenimiento para que la bomba no se dañará. Al corregir esta situación la bomba se apagó porque no tenía suficiente agua en el tanque homogenizador y la anilina dejó de ingresar al reactor UASB (**Figura 33**).

Figura 33

Entrada de reactor UASB sin ingreso de anilina por bomba sumergible apagada en tanque homogenizador



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Aproximadamente a las 11:30 a.m. se realizaron las respectivas correcciones, se apagó la bomba del homogenizador y esta volvió a encenderse aproximadamente a la 1:00 p.m. Para realizar el aforo se empleó un recipiente de 607 ml con un tiempo de 3,48 segundos hasta llenarse por completo. Obteniéndose un caudal de 0,174 L/s, es importante recordar donde se midió este aforo

parte del caudal retorna al tanque homogenizador por la abertura de la tubería vertical como se observa (**Figura 34**).

Figura 34

Aforo en la entrada del reactor UASB, 1:24 p.m.



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Para el vertedero triangular en el segundo compartimiento de la caja del reactor UASB (**Figura 12**) se utilizó el mismo recipiente de 607 ml aprovechando la descarga libre del vertedero (**Figura 35**) para un tiempo de llenado de 2,7 segundos; se obtuvo un caudal de 0,225 L/s a la 1:28 p.m.

El procedimiento realizado con el trazador y el aforo en la trampa de grasas, se realizaron el 13 de abril día en el que se realiza mantenimiento en la trampa de grasas, con el fin de recibir apoyo por parte de los funcionarios para realizar dicha actividad en conjunto con una persona de mantenimiento de Inversiones Euro S.A.

Parte de toda la anilina salió después de 2 horas 21 minutos y 59 segundos, la otra parte quedó represada en las esquinas de las unidades de la trampa de grasas y el tanque homogenizador.

Figura 35

Aforo en el vertedero triangular del reactor UASB, 1:28 p.m.



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.12 Aforos

Se encontraron los datos registrados del programa de aguas residuales de gestión ambiental de la Planta de desposte, para 2 aforos volumétricos realizados en el año 2021 como se puede observar en la **Figura 36** y **Figura 37**.

Después con los datos reportados del aforo del 11 de agosto y 10 de noviembre de 2021, se obtuvieron de las gráficas los caudales mínimos, máximos y promedios para cada fecha (**Tabla 10**), después de esto se tomaron los valores máximos de las dos fechas para proceder a calcular los respectivos tiempos de retención para cada unidad de tratamiento.

Para calcular los tiempos de retención se tomó el volumen de la unidad en litros y se dividió entre el caudal en L/s , multiplicando este caudal por 3600 segundos que tiene una hora y así obteniéndose el TRH en horas para cada unidad y cada caudal del aforo (**Tabla 11**).

Figura 36

Aforo de caudal, 11 de agosto de 2021



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales.

Figura 37

Aforo de caudal, 10 de noviembre de 2021



Nota. Fuente P-GA-02-Aguas residuales.

Tabla 10*Aforos realizados en el año 2021*

Fecha del aforo	Caudal (L/s) máximo	Caudal (L/s) mínimo	Caudal (L/s) promedio
11 de agosto de 2021	0,74	0,02	0,25
10 de noviembre de 2021	0,76	0,06	0,34

Tabla 11*Tiempos de retención hidráulica en las unidades de tratamiento*

Unidad de tratamiento	Volumen (L)	TRH (h) para 0,06 L/s	TRH (h) para 0,17 L/s*	TRH (h) para 0,34 L/s	TRH para 0,76 L/s
Trampa de grasas/cámara	1800	8,3	2,9	1,47	0,66
Tanque homogenizador	8237	38,1	13,5	6,73	3,01
Reactor UASB	8100	37,5	13,2	6,62	2,96
Reactor aerobio	10000	46,3	16,3	8,17	3,65
Clarificador	4500	20,8	7,4	3,68	1,64
Tanque trasiego	1200	5,6	2,0	0,98	0,44
Filtro Polyglass	188,6	0,9	0,3	0,15	0,07
Tanque de contacto	1000	4,6	1,6	0,82	0,37

* Caudal de diseño

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.13 Ensayos con Cono Imhoff

Los ensayos con cono Imhoff se realizaron recolectando 1000 ml de muestra de agua residual del reactor aerobio, y dejando sedimentar en reposo por 30 minutos con el fin de ver la cantidad de sólidos sedimentables. Se obtuvieron mediciones aproximadamente a diario y cerca de 4 meses, en la mayoría de mediciones los sólidos no superaban el 0,19% de lodo presentes en los 1000 ml de la muestra (**Figura 38**). En otras ocasiones no había presencia de sólidos en el agua residual.

Figura 38

Medición de sólidos sedimentables con cono Imhoff



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

4.14 Mediciones de pH

La medición del pH se realizó como seguimiento para monitorear la biomasa del reactor aerobio y para cumplir con el pH en el agua vertida por el alcantarillado según la norma 0631 de 2015. En ambas unidades siempre estuvo entre 6 y 9 (**Figura 39**).

Figura 39

Medición de pH en reactor aerobio y tanque de contacto



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

6 Análisis

Al comienzo cuando se realizó el diagnóstico técnico de las dimensiones de cada unidad con sus respectivas tuberías, accesorios y válvulas, se encontró que los planos estaban desactualizados y algunas unidades como la trampa de grasas, el reactor UASB y el clarificador no tenían mucha información en algunas dimensiones, la construcción es muy diferente a lo presentado por los planos.

En la trampa de grasas se observa que las respectivas tuberías cumplen con los diámetros mínimos indicados para trampas de grasas, donde el diámetro de la entrada debe ser mínimo de 50 mm y el de la salida de por lo menos 100 mm según el reglamento básico de agua potable y Saneamiento básico (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico de 2000). Aunque en una trampa de grasas el TRH debe estar entre 3 y 5 minutos para caudales de entrada de 2 L/s y 20 L/s o más, en esta industria se tienen tiempos de 8,3 horas para un caudales de 0,06 L/s y de 0,66 horas para caudales de 0,76 L/s (**Tabla 11**), aunque son TRH altos, se espera grandes remociones de grasas y aceites por superar los 5 minutos pero en realidad para un TRH de 0,66 horas las dos cámaras de la trampa se rebosan y la grasa se destruye o resuspende pasando a las demás unidades de tratamiento. Para que la trampa funcione correctamente debe trabajar con caudales inferiores o iguales a 0,17 L/s y con TRH entre 2,9 horas y 8,3 horas.

En el tanque homogenizador se presentan cortos circuitos, lo cual se puede verificar con el trazador de anilina. Estos cortos circuitos se presentan por la geometría rectangular del tanque y por falta de una mezcla óptima para homogenizar las cargas orgánicas de los diferentes caudales que ingresan a la PTARnD. Se observa que el sistema de recirculación por medio de bombeo no es suficiente al no verse reflejada una mezcla en todo el tanque, sólo se observa en la zona donde se encuentra la tubería de retorno del tanque homogenizador al reactor UASB. Esta unidad funciona como tratamiento preliminar y de no funcionar bien, puede conducir agua residual con altas cargas orgánicas, sólidos suspendidos que pueden ocasionar problemas en las demás unidades, lo cual se refleja en la cabeza del reactor UASB donde ingresan demasiada grasa. Además, la recirculación se realiza por medio de una tubería de 2" donde el caudal de recirculación se regula no por medio de una válvula, sino una abertura en una tubería (**Figura 12**), muchas veces

la ranura es obstruida por las grasas que ingresan a la cabeza del reactor, no permitiendo una debida recirculación, ocasionando estanqueidad en la caja del reactor UASB y muchas de estas grasas ocasionan taponamientos en las tuberías, como resultado se ve escurrimientos del agua residual sin ingresar al tratamiento primario.

La tubería de 1 ½ " que conduce el agua de la impulsión de la bomba sumergible al reactor UASB, cuenta con una válvula by-pass, pero cuando se abre esta válvula para descartar por el alcantarillado en caso de emergencia, el nivel del tanque de contacto puede subir hasta tal punto de ocasionar inundaciones en los alrededores de las unidades de tratamiento. La causa del incremento en el nivel del tanque de contacto es debido a una válvula check de compuerta que se cierra justo cuando se abre repentinamente la válvula by-pass. Esta válvula check se cierra por la dirección del flujo del agua residual del reactor UASB el cual baja con mucha presión por estar bajo gravedad y cierra la válvula, impidiendo salir el agua a la salida del tanque de contacto. Para este evento se debe abrir la válvula gradualmente para no ocasionar cierre de la válvula check ya que ambas unidades comparten la misma tubería de alcantarillado (**Figura 8**).

Para caudales superiores al de diseño el filtro Polyglass no tiene la capacidad para filtrar todo el caudal que ingresa del tanque trasiego, por eso la válvula 8 se debe dejar semiabierta para desviar parte del caudal a una tubería by-pass y así darle un poco de alivio al filtro. Si esta válvula se cierra del todo se llena el tanque trasiego, se puede rebosar y de ahí para atrás rebosan las unidades anteriores como es el caso del clarificador, reactor aerobio y reactor UASB.

Se observa que si se deja abierta la válvula 6 de agua potable después de realizar el retro lavado, el enjuague del filtro y no se cierra, se logra evacuar gran cantidad de agua potable de los tanques de almacenamiento que abastecen la Planta de desposte ocasionando grandes pérdidas económicas y alteraciones en el tratamiento de las ARnD , debido a que esta tubería de agua potable trabaja por gravedad y si se deja abierta el agua potable se conduce del filtro y llena el tanque de contacto de agua potable. El agua residual logra desviarse por tuberías, devolverse a las unidades anteriores provocando rebosamiento e infiltraciones del agua al suelo, como es el caso del reactor aerobio que es semienterrado.

En la **Figura 38**, se puede observar que el cono Imhoff no llena ni el 50% de su capacidad de sólidos sedimentables, con lo cual se puede analizar que no hay biomasa en el reactor debido al 0,19% de sólidos que se logran obtener en la muestra. Algunas veces la poca aireación en el reactor o la suspensión de este no ayuda mucho a estabilizar la poca biomasa allí presente. Como resultado de esto se espera baja eficiencia de remoción en los diferentes parámetros que pueda remover el reactor de lodos activados. Otro caso que se observó fue de los productos químicos, detergentes y desengrasantes que se utilizan para desinfección y limpieza de la Planta de desposte llegando a las unidades de tratamiento por medio de lavados en las diferentes zonas, ocasionando grandes problemas en el tratamiento por las espumas que se producen en exceso y sin control, además con estos efectos y muchas veces sin una correcta dosificación de aire se presentaba el bulking filamentoso en el reactor aerobio.

De la **Tabla 11**, se puede ver que para el caso del reactor UASB y aerobio el mejor TRH para estas unidades es de 13,2 a 37,5 horas para caudales iguales o inferiores al de diseño y para el aerobio TRH de 16,3 a 46,3 horas. En ambas unidades son TRH superiores a 12 horas, donde se espera que el afluente tenga un buen tiempo de contacto con la biomasa y una buena mezcla, en cambio en 2,96 horas para caudales superiores al de diseño es posible que no se realice una correcta mezcla del afluente y el lodo. A pesar de que los lodos de reactores UASB pueden pasar períodos extendidos sin ingreso de agua residual, este debe tener bioamasa estabilizada y adaptada a las características de las aguas residuales porque hay un TRH óptimo para la remoción de la DBO.

Una de las desventajas del reactor UASB es la alta concentración de sólidos suspendidos en el efluente por lo que el reactor aerobio es el tratamiento posterior de pulimento para alcanzar las remociones esperadas y si este reactor tiene buen tiempo de retención, pero no cuenta con biomasa en su reactor y una correcta aireación, el poco lodo allí presente va tener un proceso de tratamiento ineficiente.

El filtro Polyglass es la unidad que menor TRH de 0,3 a 0,9 horas presenta en todo el tren de tratamiento, si las unidades anteriores a el filtro no funcionan bien este se esta sobrecargando y corre el riesgo de que su lecho filtrante se colmate más rápido y requiera más períodos de mantenimiento al día, esto se puede evidenciar cuando en el tanque de contacto se presentan

sólidos suspendidos. Para THR de 0,07 horas es posible que el filtro no este realizando una filtración óptima con caudales superiores al de diseño.

7 Conclusiones

De acuerdo con los resultados de los caudales, se puede inferir que en la PTRnD si estan ingresando caudales por encima del diseño y aunque se presentan descargas irregulares en las diferentes horas del día, estos caudales junto con los TRH tan cortos en las diferentes unidades de tratamiento dan como resultado que no estén siendo eficientes para cumplir con la normatividad.

Desde principios de enero hasta finales de junio del año 2022, se presentaron caudales superiores al de diseño en jornadas de la mañana (11:30 a.m. a 12:15 a.m.) y en horas de la tarde cerca a las 3:30 p.m. lo cual se vio reflejado en el rebosamiento de las diferentes unidades de tratamiento. Con lo cual se puede decir que las actividades de la Planta de desposte y su producción han aumentado significativamente y que el consumo de agua ha incrementado. Para TRH menores a 3,6 horas la PTRnD posiblemente no este siendo eficiente para remover DBO, SST, grasas y otros parámetros exigidos por la Resolución 0631 de 2013, lo cual se podría afirmar con una caracterización de las ARnD en días de mayor producción en la Planta de despostes.

La presencia de Bulking filamentoso y de productos químicos no orgánicos en los reactores UASB y aerobio, son respuesta del mal funcionamiento de estas unidades de tratamiento. Posiblemente las bacterias liofilizadas que son diluidas, las cuales se emplean para dosificar el reactor UASB no estén cumpliendo con la edad de lodos óptima y no den una respuesta positiva frente a los productos químicos que puedan llegar a la PTRnD y a las altas cargas orgánicas que no logran homogenizarse correctamente.

Por los caudales que se están presentando junto con las fallas que presentan en las diferentes instalaciones hidráulicas junto con el mal estado en que se encuentran muchas de las unidades de tratamiento, la PTARnD requiere de un rediseño, inoculación de bacterias procedentes de aguas residuales de otras industrias cárnicas para cumplir con los parámetros de vertimiento al alcantarillado público.

8 Recomendaciones

Se recomienda realizar diferentes aforos en épocas del año para tener un histórico de los días donde la producción de la Planta de desposte o actividades den un incremento y superen el caudal de diseño para poder tener planes de contingencia.

Realizar una caracterización de agua residual donde se presente los resultados de los diferentes parámetros que debe cumplir la PTARnD con la norma y así buscar soluciones para mejorar las eficiencias de las unidades de tratamiento.

Realizar estudios del comportamiento hidráulico en el tren de tratamiento para tener un análisis completo de los diferentes tipos de flujo y cortos circuitos que se puedan presentar en la PTARnD y estén afectando su funcionamiento.

Se recomienda realizar una caracterización del aire, para saber que compuestos orgánicos volátiles, gases u otros compuestos estén presentes en la PTARnD y desarrollar así biofiltros que puedan ayudar con los malos olores que se presentan.

Hacer seguimiento del oxígeno disuelto en el reactor aerobio y realizar las respectivas mediciones, también se recomienda realizar un estudio de la biomasa presente en el reactor UASB y reactor aerobio de realizar seguimiento a la edad de lodos y sus eficiencias.

Referencias

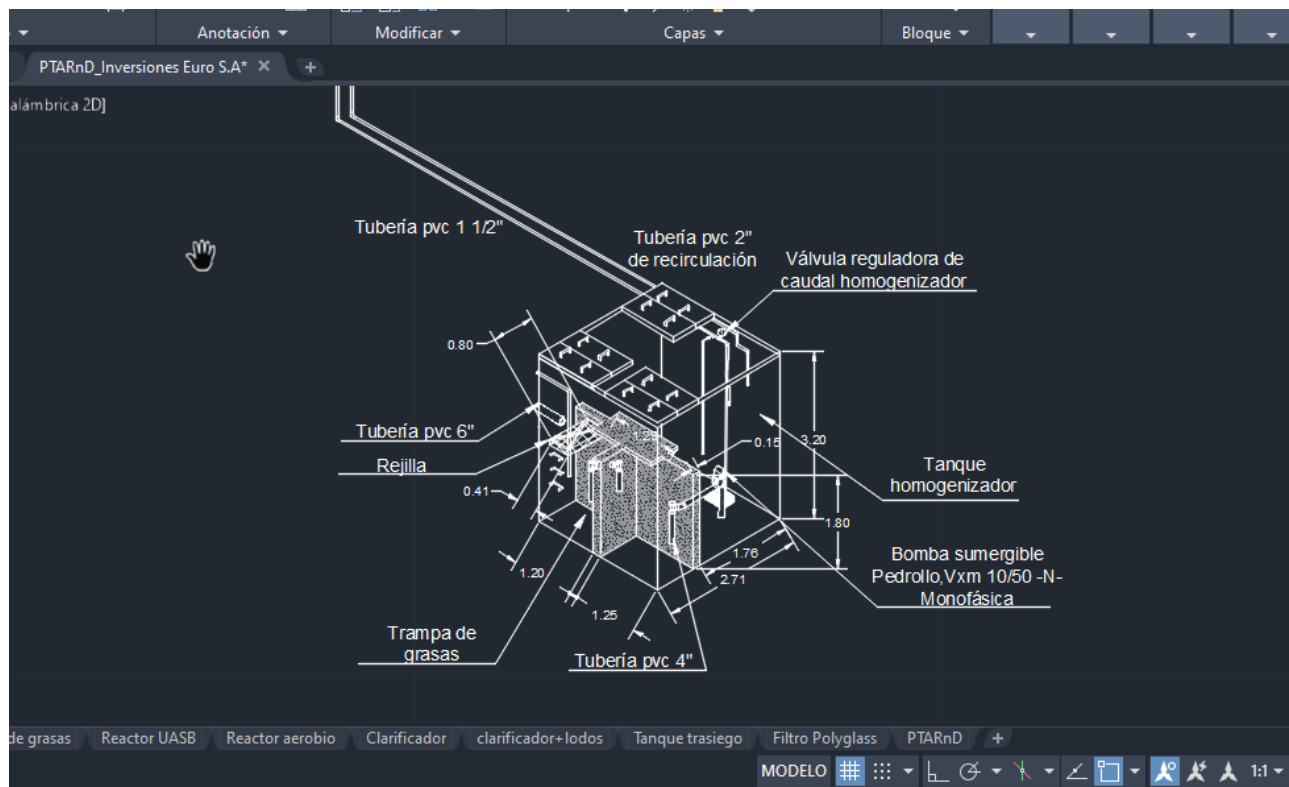
- Carrera Muyo, J., Suárez Ojeda, M., Echebehere C., Pramparo L., Contreras Edgardo, L., Martha, A. D., Redecillas, A., Bengoa C., Germán Buitrón M., João C. G. S & Adrián M. T. (2019). *Aguas residuales industriales en Iberoamérica*. (P. I. de C. y T. para el Desarrollo & (CYTED), Eds.).
- Condorchem Envitech. Tratamiento de las aguas residuales en la industria cárnica. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de <https://condorchem.com/es/empresa/>
- Giácoman, G.; Rejón, L. & Aguilar, S. (2006). Evaluación de las características hidráulicas de un reactor de lecho fluidizado para el tratamiento aerobio de las aguas residuales. *XV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencia Ambiental, Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (FEMISCA)*. Memoria impresa del evento. 1 – 14
- Pérez A. y Torres P. (2008). Evaluación del comportamiento hidrodinámico como herramienta para optimización de reactores anaerobios de crecimiento en medio fijo. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 45, 27-40.
- Navajas, L. R. (2015). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas en una industria cárnica. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23473/PFC_rafael_lopez_navajas_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. (noviembre de 2000). Título E. Ministerio de desarrollo económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico. Colombia. Recuperado de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Resolución N° 0240. (31 de enero de 2013). Ministerio de salud y protección social. Colombia. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0240-de-2013.pdf>

Anexos

Se adjunta los siguientes anexos, contienen los planos actualizados en AutoCAD 2021 de todas las unidades de tratamiento de la PTARnD de la Planta de desposte y derivados cárnicos de Inversiones Euro S.A.

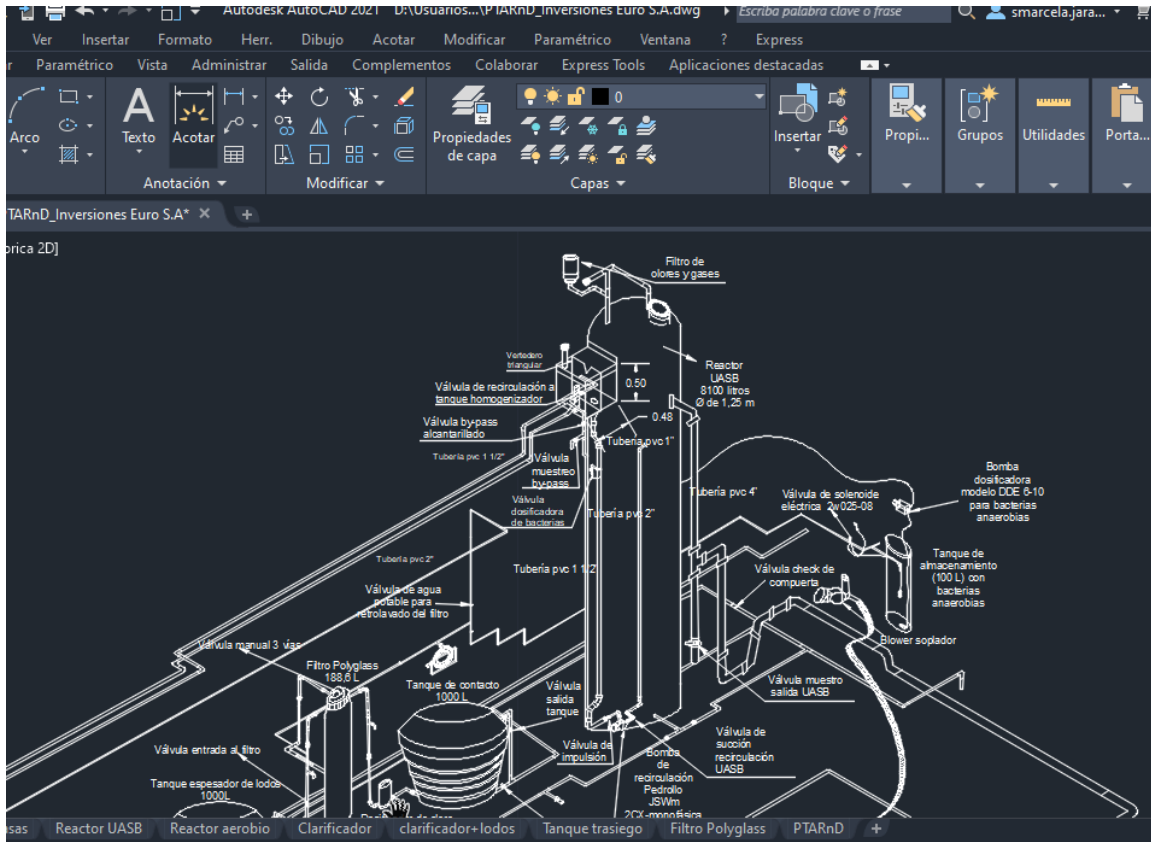
Anexo 1. PTARnD_Inversiones Euro S.A

Anexo 1.1 Trampa de grasas



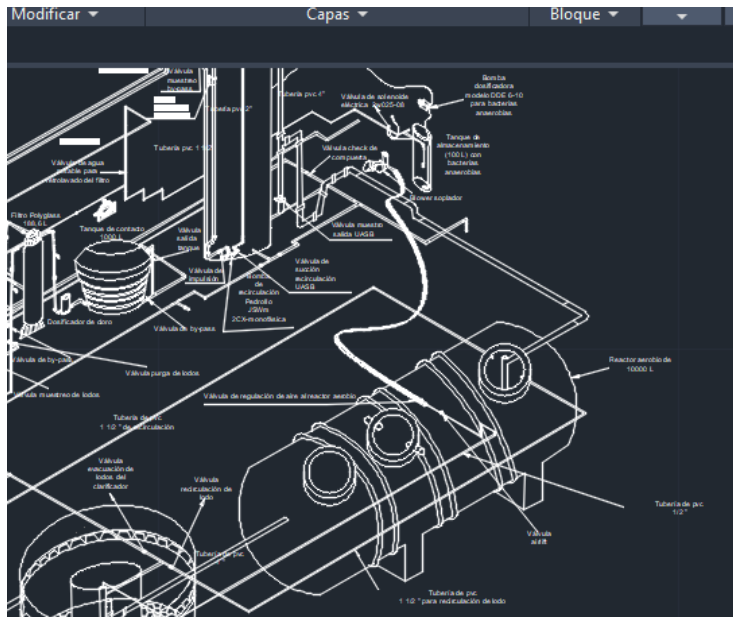
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Anexo 1.2 Reactor UASB



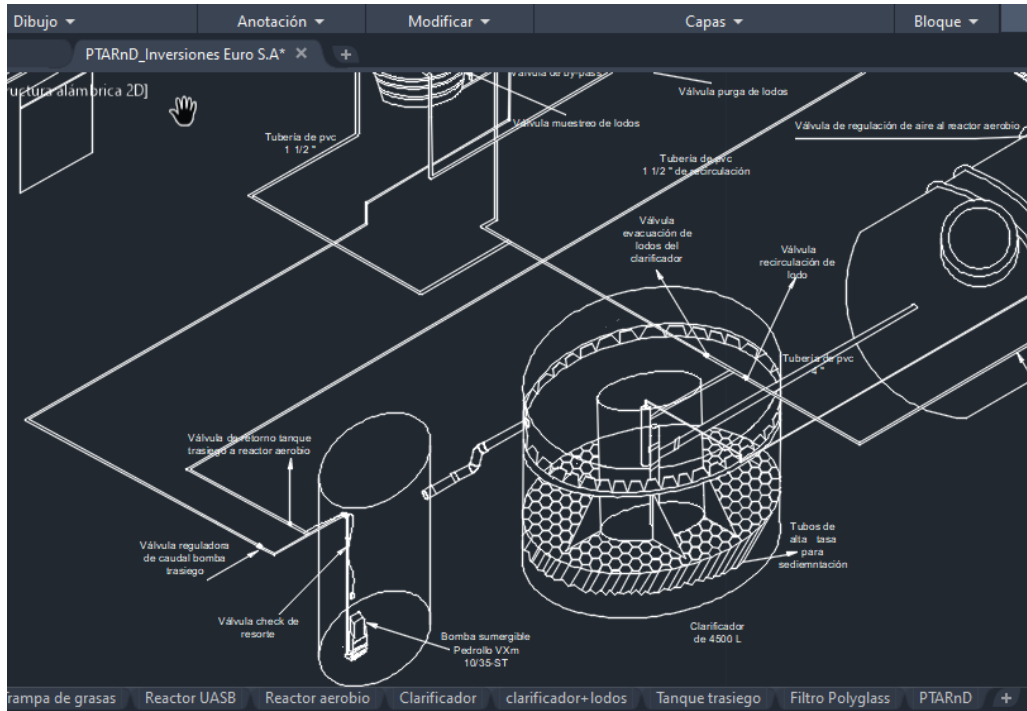
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Anexo 1.3 Reactor aerobio



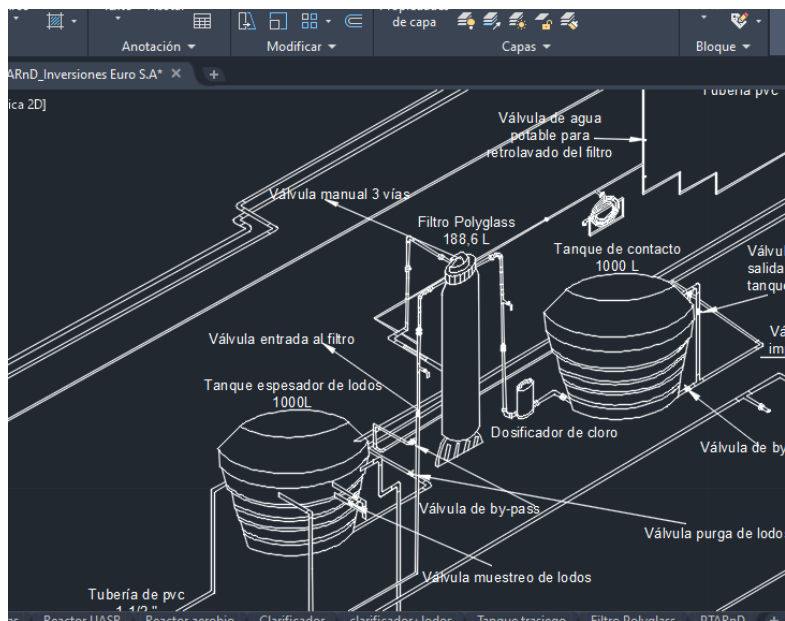
Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Anexo 1.4 Clarificador y tanque trasiego

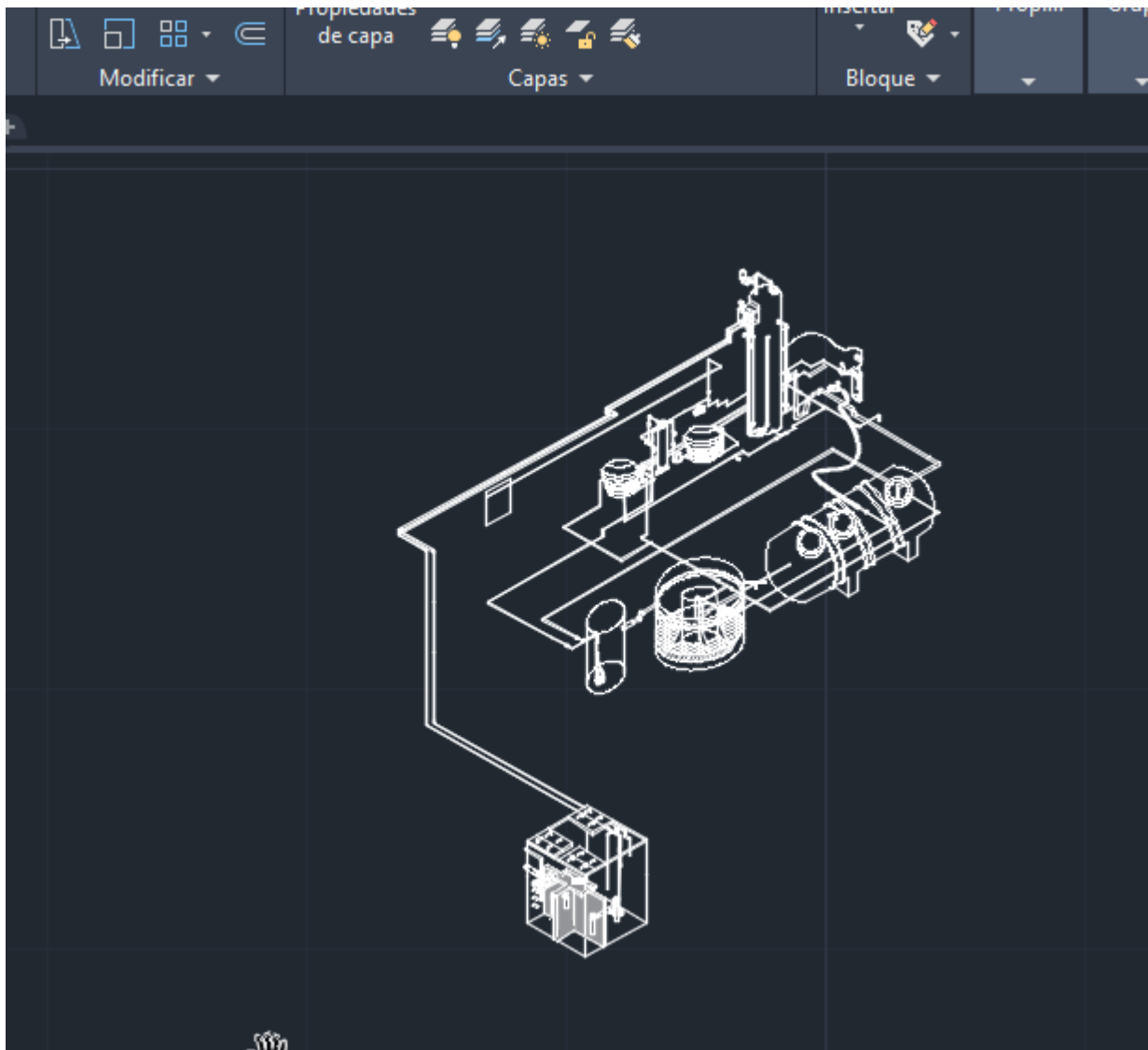


Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Anexo 1.5 Filtración, dosificador de Cloro y Tanque de contacto



Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.

Anexo 1. Isométrico de toda la PTARnD

Nota. Fuente Sandra Marcela Jaramillo Parra.